User's Manual

DM8
振動式液体密度計

IM 12T3A1-02

vigilantplant.®

IM 12T3A1-02
5 版

はじめに

本書は DM8 形 振動式密度計の仕様、設置、運転、保守などについて説明しています。
DM8 形振動式密度計を正しくご使用していただくため、本取扱説明書をご一読くださるようお願いいたします。

本書は、以下の製品に適用します。

検出器：	VD6D（スタイル B）、VD6DF（スタイル B）、VD6DS（スタイル B）
変換器：	DM8C（スタイル D）
専用ケーブル：	DM8W（スタイル A）

なお、VD6SM 振動式密度計サンプリング装置をご使用の場合は、IM 12T3S1-01 を参照ください。

■ 説明書に対する注意

- 説明書は、最終ユーザまでお届けいただき、最終ユーザがお手元に保管して随時参照できるようにしていただきますようお願いします。
- 本製品の操作は、説明書をよく読んで内容を理解したのちに行ってください。
- 説明書は、本製品に含まれる機能詳細を説明するものであり、お客様の特定目的に適合することを保証するものではありません。
- 説明書の内容の一部または全部を、無断で転載、複製することは固くお断りいたします。
- 説明書の内容については、将来予告なしに変更することがあります。
- 説明書の内容について、もしご不審な点や誤り、記載もれなどお気付きのことがありましたら、当社の説明書作成部署、当社の営業、またはお買い求め先代理店までご連絡ください。

Media No. IM 12T3A01-02 5th Edition : Jan. 2015 (YK)

安全に使用するための注意事項

■ 本製品の保護・安全および改造に関する注意

- 本製品および本製品で制御するシステムの保護･安全のため、本製品を取り扱う際は、説明書に記載されている安全に関する指示事項に従ってください。なお、これらの指示事項に反する扱いをされた場合、当社は安全性の保証をいたしかねます。
- この説明書で指定していない方法で使用すると、本機器の保護機能が損なわれることがあります。
- 本製品および本製品で制御するシステムに対する保護・安全回路を設置する場合は、本製品外部に別途用意するようお願いいたします。
- 本製品の部品や消耗品を交換する場合は、必ず当社の指定品を使用してください。
- 本製品を改造することは固くお断りいたします。
- 本製品および説明書では、安全に関する以下のような警告シンボルマークとシグナルワード、またはシグナルワードを使用しています。

 警告

製品への表示は、取扱者および機器を重大な事故から保護するために、取扱説明書を必ず参照する必要がある場所に貼付しています。
また、取扱説明書への記載の場合、感電事故など、取扱者の生命や身体に危険が及ぶ恐れがある場合（同時に機器を損傷することもあります）、その危険を回避するための注意事項を記述してあります。

 注意

製品への表示は、取扱者および機器を事故から保護するために、取扱説明書を必ず参照する必要がある場所に貼付しています。
また、取扱説明書への記載の場合、取扱者に対し、軽傷事故が発生する恐れがある場合、または機器を損傷する恐れがある場合に、その危険を回避するための注意事項を記述してあります。

以下のシグナルワードやシンボルマークは、取扱説明書にのみ使用しています。

注意

ソフトウェアやハードウェアを損傷したり、システムトラブルになる恐れがある場合に、注意すべきことがらを記述してあります。

注記

操作や機能を知る上で、注意すべきことがらを記述してあります。

■ 本製品の免責について

- 当社は、保証条項に定める場合を除き、本製品に関していかなる保証も行いません。
- 本製品のご使用により、お客様または第三者が損害を被った場合、あるいは当社の予測できない本製品の欠陥などのため、お客様または第三者が被った損害およびいかなる間接的損害に対しても、当社は責任を負いかねますのでご了承ください。

納入後の保証について

■当該製品を無断で改造することは固くお断りします。

■　保証の期間は、ご購入時に弊社よりお出しした見積書に記載された期間とします。保証サービスは、弊社の規定に従い対処いたします。弊社が定める地域以外における出張修理対象製品の修理の場合は、保証期間中においても技術者派遣費が有料となります。

■　保証期間内に、弊社納入品に弊社の責任による故障が生じた場合には、故障内容を、弊社指定の販売窓口または最寄のサービス事業所にお持込いただくか、お送りください。
●故障が生じた納入品の形名・計器番号、不具合の内容および経過などについて具体的にご連絡ください。略図やデータなどを添付していただければ幸いです。
●新品交換の際は、修理レポートは添付いたしません。

■　次のような場合には、保証期間内でも修理が有料となります。
●取扱説明書などに記載されている保証対象外部品の故障の場合。
●弊社が供給していないソフトウェア、ハードウェア、または補用品の使用による故障の場合。
●お客様の不適当なまたは不十分な保守による場合。
●弊社が認めていない改造、酷使、誤使用または誤操作による故障の場合。
●納入後の移設が不適切であったための故障または損害の場合。
●指定外の電源（電圧、周波数）使用または電源の異常による故障の場合。
●弊社が定めた設置場所基準に適合しない場所での使用、および設置場所の不適当な保守による故障の場合。
●火災、地震、風水害、落雷、騒動、暴動、戦争行為、放射線汚染、およびその他天災地変などの不可抗力的事故による故障の場合。

■　弊社で取り扱う製品は、ご需要先の特定目的に関する整合性の保証はいたしかねます。また、そこから生じる直接的、間接的損害に対しても責任を負いかねます。

■　弊社で取り扱う製品を組込みあるいは転売される場合は、最終需要先における直接的、間接的損害に対しては責任を負いかねます。

■　製品の保守、修理用部品の供給期間は、その製品の製造中止後 5 年間とさせていただきます。本製品の修理については取扱説明書に記載されている最寄のサービス事業所もしくはお買い求め先弊社指定販売窓口へご相談ください。

DM8
振動式液体密度計

IM 12T3A1-02 5 版

目　次

1.　概　　要

密度を測定することによって物質の性質や組成を知ることができますので、密度測定は製品の品質管理における有効な手段の一つに数えられます。特に溶液の密度測定は、電機製造業、化学工業、石油精製、食品工業などの多くの産業で、欠くことのできないものとなっております。
DM8 形振動式液体密度計は、連続測定用としての高い信頼性と優れた操作・保守機能とを兼ね備えたプロセス用液体密度計です。本器は検出器と変換器とで構成されており、振動子と測温体を検出端に持つ検出器は､検出した密度信号（周波数）および温度信号（電圧）を変換器に出力します。また、マイクロプロセッサ搭載の変換器は、検出器からの密度および温度信号を処理してデジタル表示するほか、これらの信号に基づいて演算を行い、基準温度における密度値に変換した値もデジタル表示します。変換器には、アナログ伝送信号のほかシリアル通信出力機能があり、ワンタッチ校正や自己診断などの各種機能も盛り込まれております。

1.1　標準仕様

1.1.1　総合仕様

測定対象：　溶液の密度
測定原理：　振動式密度測定法
測定範囲：　密度；0.5 ～ 2.0 g/cm^3
　　　　　　温度；-10 ～ 100℃
検出器～変換器間距離：　2 km 以内
電源：　90 ～ 132 V AC または 180 ～ 264 V AC、50/60 Hz
消費電力：　20 VA

■ 特性（検出器、変換器組合せ後の総合特性）

繰返し性：　5 × 10^{-4} g/cm^3（シリアル通信出力の場合）
　　　　　　スパンの 1%（アナログ出力の場合）
直線性：　スパンの± 0.5%（スパン 0.2 g/cm^3 以下のとき）
　　　　　　スパンの± 1%（スパン 0.2 g/cm^3 を超えるとき）
温度特性：　スパンの± 0.5%/ ± 10℃（測定液温度および検出器温度変化の補償誤差）
流量特性：　0 ～ 5 L/min でスパンの± 0.1%
圧力特性：　± 0.0005 g/cm^3/ ± 98 kPa
粘度誤差：　0 ～ 1500 cP でスパンの± 0.1%

1.1.2 検出器

(1) VD6D形一般用検出器

本体構造：　非防爆、防雨構造
ケース材質：　アルミ合金鋳物
ケース塗色：　ジェードグリーン（マンセル 7.5BG4/1.5 相当）
ケース塗装：　エポキシ樹脂焼付塗装
接液部材質：
　振動子取付け基盤；　SUS316
　振動子；　SUS316、またはニッケル（金ロウ付け：BAu･4）
測定液温度：　-10 ～ 100℃
測定液圧力：　2 MPaG
耐圧：　4.9 MPaG
スチームトレース：　可
プロセス接続口：　Rc1/4
電気配線口：　G3/4 めねじ
取付：　50A パイプ取付
周囲温度：　-10 ～ 50℃
質量：　約 12 kg

(2) VD6DF形耐圧防爆形検出器

本体構造：　TIIS 耐圧防爆；d2G3
本体構造以外は、(1) 一般用検出器 VD6D 形と同じ。

(3) VD6DS形サニタリ用検出器

プロセス接続口：　6A パイプ接続用特殊接手（ガスケット有）
接液部材質：　一般用に追加
ガスケット：　テフロン
O リング：　バイトン
スチームトレース：　不可
上記以外は、(1) 一般用検出器 VD6D 形と同じ。ただし、測温体保護管部は、取りはずし可能な構造です。

(注) 本器は、HCl、H_2SO_4、HNO_3 など腐食性の大きい溶液、スラリ、スラッジなどを含む溶液、付着性溶液の測定には使用できません。
なお、NaOH 溶液の場合は必ず Ni 振動子の検出器をご使用ください。

1.1.3 DM8C形変換器

表示部：　デジタル表示、5 桁 LED
表示内容：　基準温度（中心温度）換算後の密度（g/cm^3）
測定温度における密度（g/cm^3）
測定液の温度（℃）
校正液の密度設定値（g/cm^3）（呼出し表示）
校正液の温度係数設定値（× 10^{-5} g/cm^3/℃）（呼出し表示）
出力信号の設定値（%）（呼出し表示）
出力レンジの下限設定（g/cm^3）（呼出し表示）
出力レンジの上限設定（g/cm^3）（呼出し表示）
基準温度（中心温度）の設定値（℃）（呼出し表示）
測定液の温度係数設定値（× 10^{-5} g/cm^3/℃）（呼出し表示）
異常内容表示

出力信号：　アナログ出力；　4 ～ 20 mA DC（負荷抵抗 550Ω 以下）および
0 ～ 1 V DC（負荷抵抗 250 kΩ 以上）、絶縁出力
基準温度に換算した後の密度（g/cm^3）

シリアル通信出力；　RS-232C

(1)　通信仕様

・非同期方式、スタートビット；1 ビット
　ストップビット；2 ビット、パリティ；無し
・伝送速度；　1200 bps
・伝送データ；ASCII
　データ長；　8 ビット
・回線形式 2 線式（出力のみ）

(2)　出力信号

・伝送内容
　測定データ；　基準温度に換算した後の密度（g/cm^3）、測定温度における密度（g/cm^3）、測定液温度（℃）
　校正状態；　校正開始、エラー No.、校正終了
　フェイルアラーム；　エラー No.
・信号レベル出力電圧；　ON 時；6 ± 1 V、OFF 時；-6±1 V
　出力インピーダンス；300 Ω
・データフォーマット

測定データ

#＊.＊＊＊＊_＊.＊＊＊＊_＊＊＊.＊ CRLF

スペース　スペース

(注) データの出力は、密度(基準温度換算値)、密度(測定温度における)、測定温度値の順となります。
校正データおよび保守モードにおいては、ホールドデータ(そのモードに入る直前のデータ)が出力されます。ただし、校正終了後は、ただちにホールド解除となります。

校正状態

#CALIBRATION_START CRLF

スペース

(注) 校正動作中は何も出力されません。ただし、パラメータエラーが生じたときは、次のように出力されます。
#ERROR-＊CRLF （＊: 5または6)

#CALIBRATION_END CRLF

スペース

(注) 校正動作中にファンクションNo.選択キーが押された場合は、校正が中止され、次のように出力されます。
#CALIBRATION_CANCEL CRLF

スペース

フェイルアラーム

#ERROR-＊_ERROR-＊・・・・・ CRLF

スペース

(注) エラーが複数のときは、その数だけエラーNo.が出力されます。
例：#ERROR-1_ERROR-3 CRLF

スペース

出力信号のスパン：　0.05 ～ 0.5 g/cm^3 の間で設定可能
基準温度の設定範囲：0 ～ 100℃（1℃ステップで設定可能）
異常時接点出力：　1 点、異常時；閉、正常動作時；開
許容電圧；　220 V DC、250 V AC
許容電流；　2 A
接点許容電力；60 W
異常検出内容：　検出器異常、変換器異常など
異常出力：
アナログ信号；出力信号スパンの約 -10% にダウン
シリアル通信信号；エラーメッセージ出力
出力信号ホールド：　CAL モードおよび MAINTENANCE モード時ホールド
温度係数の設定範囲：0 ～ 0.002 g/cm^3/℃で可変
校正方法：　ワンタッチ校正（1 点校正または 2 点校正）
周囲温度：　-10 ～ 55℃
電源：　90 ～ 132 V AC、180 ～ 264 V AC、50/60 Hz
ケースの構造：　防塵防雨構造
塗色：
ドア；マンセル 2.8GY6.4/0.9 相当
ケース；マンセル 2.0GY3.1/0.5 相当
塗装：　エポキシ樹脂焼付
取付：　パネル取付、壁取付または 50A パイプ取付
エアパージコネクタ：Rc1/8
Rc1/4 または 1/4NPT めねじも可（オプション）
電気接続口：　ø27 × 5 個
JIS A15 相当プラスチック水防栓（4 個）および JIS A20 相当
プラスチック水防栓（1 個）付属
質量：　約 7.0 kg

1.1.4　DM8W形専用ケーブル

形式：　6 芯 2 重シールドケーブル
絶縁体：　ポリエチレン
シール材：　ビニール
絶縁抵抗：　1000 M Ω /km
導体抵抗：　15.31 Ω /km
仕上外径：　15.8 mm
質量：　約 0.3 kg/m

1.1.5　標準付属品

品名	数量	用途
注射器（標準液、溶剤注入用）	1 個	検出器 (VD6) 用
ブラシ（検出器掃除用）	1 個	
端子箱用 6 スパナ	1 個	
カバーロック用 6 角レンチ	1 個	
O リング	1 組	
シリカゲル	2 包	
変換器用ヒューズ（3A）	1 個	変換器 (DM8C) 用

1.2 形名およびコード

1.2.1 一般用検出器

形　名	基本コード	付加コード	仕　　様
VD6D	••••••••••••••••••••	••••••••••••••••••••	振動式液体密度計一般用検出器
振動子材質	**-S3** **-N1**	•••••••••••••••••••• ••••••••••••••••••••	SUS316 ニッケル
—	***B**	••••••••••••••••••••	スタイル B

1.2.2 耐圧防爆形検出器

形　名	基本コード	付加コード	仕　　様
VD6DF	••••••••••••••••••••	••••••••••••••••••••	振動式液体密度計耐圧防爆形検出器
振動子材質	**-S3** **-N1**	•••••••••••••••••••• ••••••••••••••••••••	SUS316 ニッケル
—	***B**	••••••••••••••••••••	スタイル B

1.2.3 サニタリ用検出器

形　名	基本コード	付加コード	仕　　様
VD6DS	••••••••••••••••••••	••••••••••••••••••••	振動式液体密度計サニタリ用検出器
振動子材質	**-S3**	••••••••••••••••••••	SUS316
—	***B**	••••••••••••••••••••	スタイル B

1.2.4 変換器

形　名	基本コード	付加コード	仕　　様
DM8C	••••••••••••••••••••	••••••••••••••••••••	振動式液体密度計変換器
電源	**-A1** **-A2**	•••••••••••••••••••• ••••••••••••••••••••	90 ～ 132 V AC、50/60Hz 180 ～ 264 V AC、50/60Hz
—	***D**	••••••••••••••••••••	スタイル D
付加仕様 エアパージコネクタ		**/AP1** **/AP2**	Rc1/4 1/4NPT めねじ

1.2.5 専用ケーブル

形　名	基本コード	付加コード	仕　　様
DM8W	••••••••••••••••••••	••••••••••••••••••••	振動式液体密度計専用ケーブル
ケーブル長	**-L□□□□**	••••••••••••••••••••	長さ（単位：m）
—	***A**	••••••••••••••••••••	スタイル A

（注）-L □□□□には、ケーブルの長さを m 単位で記入してください。最長 2 km です。
［例］　50 mのとき：　L0050
　　　　100 mのとき：　L0100
　　　　2 km のとき：　L2000

1.3　外形寸法図

1.3.1　検出器

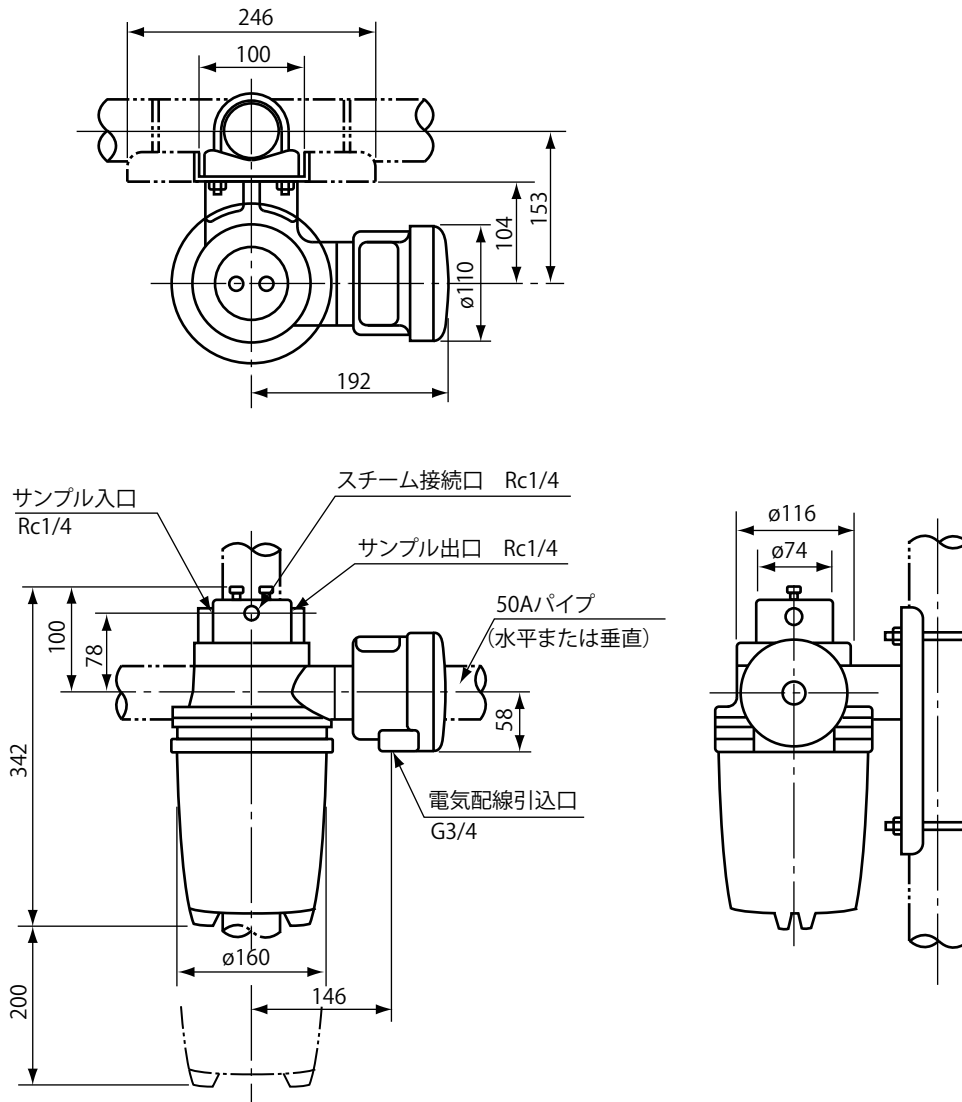
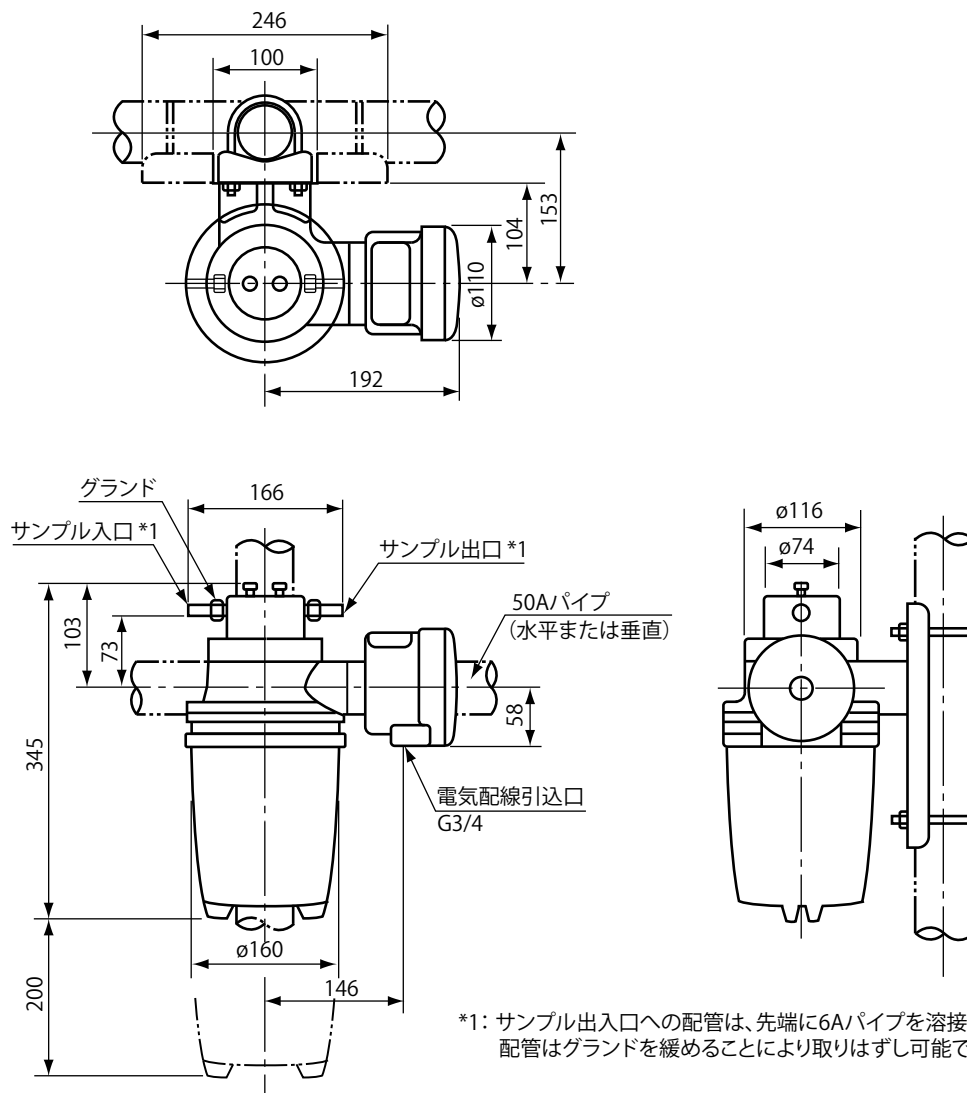
一般用および耐圧防爆形検出器　VD6D、VD6DF形

単位：mm

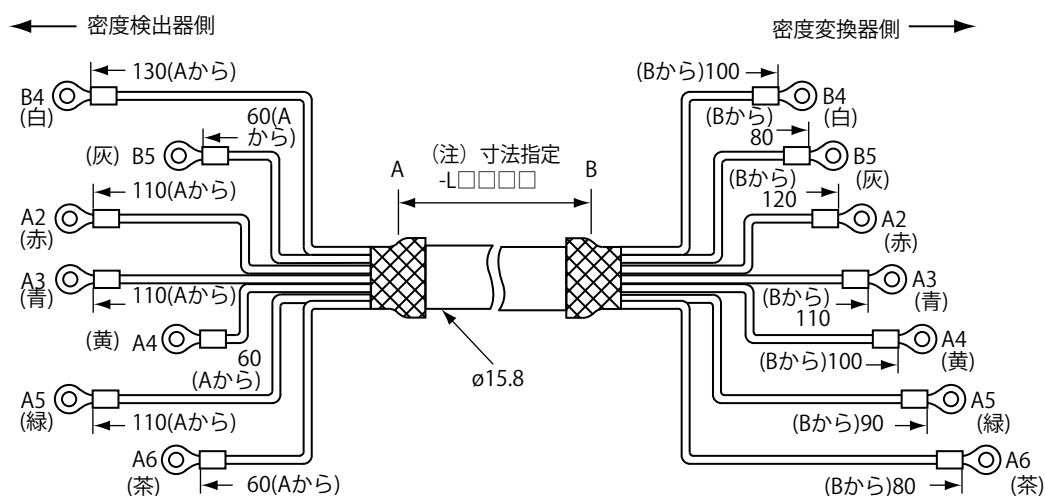
サニタリ用検出器　VD6DS形

単位：mm

*1：サンプル出入口への配管は、先端に6Aパイプを溶接して行います。
　　配管はグランドを緩めることにより取りはずし可能です。

1.3.2 DM8C形変換器

単位：mm

1.3.3 DM8W形専用ケーブル

単位：mm

（注）-L□□□□は、ケーブル長をメートル単位で指定します。
例：50mの場合、 -L0050
100mの場合、-L0100
2kmの場合、 -L2000

1.4 「耐圧防爆形計器」取り扱い上の注意

1.4.1 防爆の概要

「耐圧防爆形計器」は、電気設備による爆発災害防止を目的とした公的機関の規則や規格に適合する仕様を持った計器です。
DM8 形振動式液体密度計は、密度検出器と密度変換器とから構成されますが、検出器として VD6DF 形密度検出器を選択した場合、この検出器は「耐圧防爆形計器」でありますので、爆発性ガスの生成するおそれがある場所に設置して使用することができます。ただし、この場合の設置方法や設置場所の環境条件、また、取り扱い方法は、法令など公的機関の規則に準じていなければなりません。
VD6DF 形密度検出器を爆発危険場所でご使用になる場合は、これら防爆関係規則に定められている事柄を厳守するとともに、製品に明示されている事柄にも注意してください。

 警告

VD6D 形および VD6DS 形密度検出器は「耐圧防爆形計器」ではありませんので、爆発危険場所に設置することはできません。

なお、VD6DF 形密度検出器の防爆仕様は TIIS 耐圧防爆仕様であり、国内における防爆電気設備を規制する「労働安全衛生法」に基づいて公的機関の検定を受け、防爆性を有していることが確認されたものです。
1.4.2 項から 1.4.6 項まで、VD6DF 形密度検出器をご使用に際しての一般的な防爆注意事項を載せておきますが、詳細につきましては、次の資料をご参照ください。

産業安全研究所技術指針（労働省産業安全研究所発行）「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド（ガス防爆 1994）」

1.4.2　密度検出器における防爆仕様の表示

VD6DF 形密度検出器には、防爆型式の名称、型式検定合格番号、防爆構造および対象ガス、また、使用可能周囲温度範囲が表示してあります。

表1.1　振動式密度計検出器TIIS耐圧防爆仕様

防爆型式の名称	型式検定番号	防爆構造および対象ガス
VD6DF-N1 型	第 T21726 号	d2G3
VD6DF-S3 型	第 T21727 号	d2G3

1.4.3　設置場所とその環境条件

VD6DF 形密度検出器は、本器の防爆性が確かめられた対象ガスの生成する危険場所に設置し、使用することができます。この危険場所は機器に明示してありますが、防爆性ガスが常時または長時間持続して爆発限界内になるところには本器を設置しないようにしてください。
本器の持つ防爆性を維持するには、設置場所における環境条件が整っていることも大切です。設置に際しましては、水気、湿気、腐食性ガス、熱、振動などの影響に対し、十分に配慮してください。制約される環境条件の中には使用可能周囲温度範囲のように機器に明示してあるものもありますが、明示されていない環境条件（標準）も公的規定などに定めてあれば、それに従ってください。例えば、TIIS 防爆においては、標高 1000 m 以下、湿度 45 ～ 85%RH の範囲と定められています。

1.4.4　外部配線工事

配線工事は、耐圧防爆金属管工事または耐圧パッキン式ケーブル工事のいずれかによって行ってください。

1.4.5　保守要領

爆発危険場所においては、通電したままの状態で本器の防爆容器カバーを取りはずさないでください。もし、通電して点検・保守する必要が生じた場合には、周囲に爆発性ガスがないことをガス検知器などで確認しながら行ってください。

1.4.6　分解・修理上の注意

防爆形検出器の作業に関しては、当社サービスにご用命ください。
防爆構造部分を分解した場合は、再組立時に部品の装着漏れがないように注意してください。また、耐圧防爆性を保持する上で重要な部分（結合ねじ、スキやスキの奥行を形成する接合面など）に傷をつけないようにしてください。

警告

耐圧防爆部の部品交換や修理は、電気回路上も機械構造上も原形復帰することを前提とし、異種部品との交換や部品の省略などの仕様変更および改造は、絶対に行わないでください。

2. 原　理

2.1 測定原理

2.1.1 密度検出器

密度検出器は、パイプの横方向自由振動数が内部に満たした液体の密度の関数になることを測定原理としています。
図 2.1 に示すようなパイプに液体が満たされている場合の、そのパイプの横方向自由振動数は次式で表すことができます。

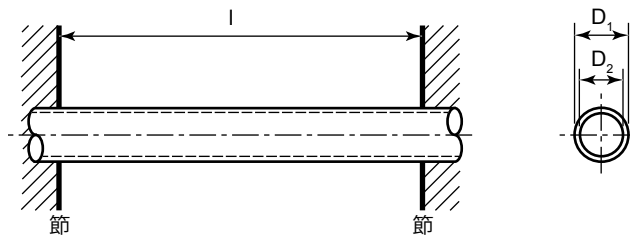



図2.1　液体を満たすパイプの形状

$$f_x = \frac{C}{4\,l^2}\sqrt{\frac{E}{\rho_l}}\sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2}{1 + \frac{\rho_l}{\rho_x} \times \frac{D_2^2}{D_1^2 - D_2^2}}} \quad \cdots\cdots (1)$$

f_x ：ρ_xに対する横方向自由振動数［Hz］
C ：振動のモードによって決まる定数
l ：パイプの振動する部分の長さ［m］
E ：パイプの縦弾性係数［kg/m^2］
ρ_l ：パイプの密度［kg/cm^3］
ρ_x ：測定溶液の密度［kg/cm^3］
D_1 ：パイプの外径［m］
D_2 ：パイプの内径［m］

(1) 式において、ƒx とρ x 以外は構造で決まる値です。したがって、横方向自由振動数 ƒx を測定すれば被測定液の密度ρ x を求めることができます。

2.1.2 密度変換器

密度変換器では、密度検出器で検出された密度の周波数信号と温度の電圧信号とに基づいて演算が行われます。
前項の (1) 式における l、E、ρ l、ρ x、D1、D2 はそれぞれ温度依存性があり、ƒx は温度の変化とともに複雑に変化します。したがって、正しい密度を求めるには温度を無視することができませんので、(2) 式のように温度依存性のある項を A(t)、B(t) とし、まず、この A(t)、B(t) を温度に応じて補正しておきます。

$$f_x = \frac{A_{(t)}}{\sqrt{1 + \rho_x B_{(t)}}} \quad \cdots\cdots (2)$$

ただし、$A_{(t)} = A_1\,(\,1.0060 - 1.9814 \times 10^{-4} \bullet T - 9.7683 \times 10^{-8} \bullet T^2\,)$
$B_{(t)} = B_1\,\{\,1 + 4.5 \times 10^{-5}\,(\,T - 30\,)\,\}$
$A_{(t)} = (\,A + 131072\,) / 100$
$B_1 = B / 300$
T：温度測定（℃）

(注) A、B は検出器定数であり、個々の機器によって異なります。

(2) 式から、密度 ρ x は (3) 式によって求めることができます。

$$\rho_x = \frac{\left\{\frac{A(t)}{f_x}\right\}^2 - 1}{B(t)} \quad \cdots\cdots (3)$$

(3) 式における ρ x は測定時の液温における密度です。基準温度における密度 ρTB は、次に示す (4) 式によって求めることができます。

$$\rho T_B = \rho_x + \alpha\,(\,T_x - T_B\,) \quad \cdots\cdots (4)$$

α ：測定溶液密度の温度係数
T_x ：密度測定時の溶液温度
T_B ：基準温度

2.2 原理構造

2.2.1 密度検出器

図 2.2 は、密度検出器の原理構造を示したものです。
図のように、密度検出器の主要部は、振動子アセンブリ、静電容量ピックアップ電極、発振用増幅器とで構成されます。

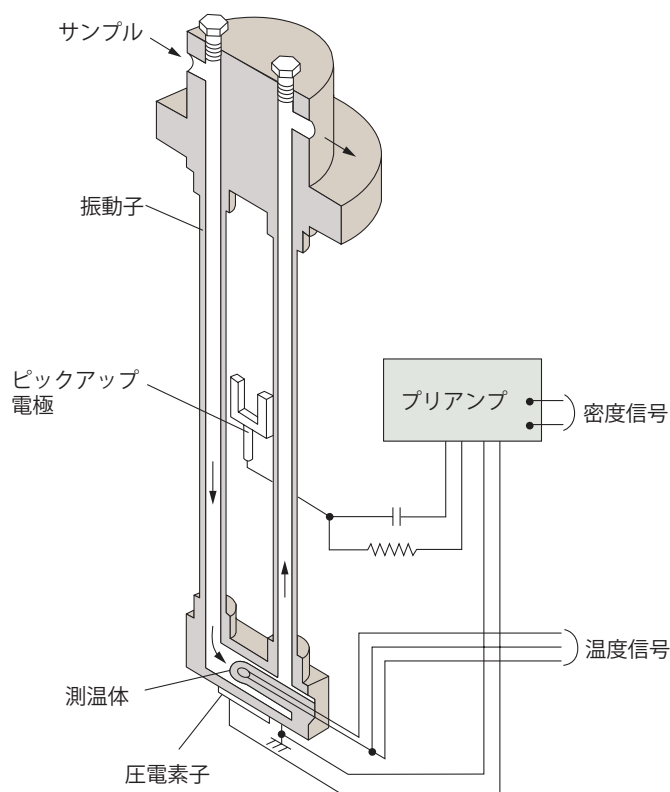



図2.2　密度検出器の原理構造

振動子アセンブリは、基盤に垂れ下がる格好で結合されている 2 本の薄肉パイプ状振動子の先端部を、さらに連結子で結合して一連のサンプル流路とした形態を持っています。連結子には、サンプルの温度を測定するための測温体が組み込まれています。また、サンプルの密度に応じた振動子の振動を持続するための圧電素子が取付けてあります。

静電容量ピックアップ電極は、2 本の振動子間に位置するよう取付けてあり、振動子の横方向振動数を検出します。
発振用増幅器は、静電容量ピックアップ電極の出力を交流電流に変換増幅します。この周波数信号が測温体の温度信号とともに密度変換器へ伝送されます。なお、周波数信号の一部は、振動子の自励振動用として電圧素子に帰還されます。

2.2.2　　密度変換器

図 2.3 は、密度変換器のブロックダイアグラムを示したものです。
図のとおり、密度変換器は密度検出器からの密度信号（周波数）F と温度信号（電圧）RT を受けて、最終的には密度（基準温度換算値）測定レンジに対応した 4-20 mA DC および 0-1 V DC のアナログ信号と、基準温度と測定温度における密度値および測定温度値を測定データとするデジタル信号を出力する機能を果たすわけですが、これらを実行する電気回路は 2 枚のプリント板に収められてあります。なお、表示項目の変更や定数の設定などは、操作パネルにあるキーと切換えスイッチによって行います。

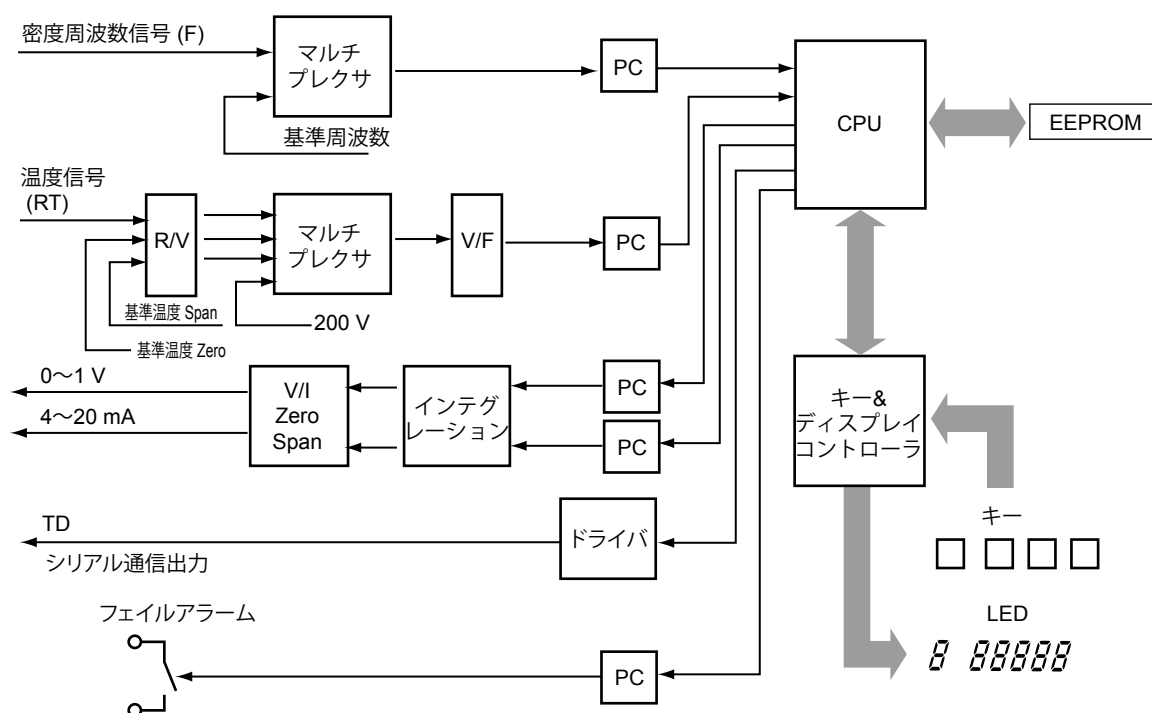



図2.3　　密度変換器ブロックダイアグラム

3. 設置、配管および配線

DM8 形振動式密度計は、密度検出器と密度変換器とで構成されています。密度検出器は現場に設置し、設置後は測定溶液を流通させるためのサンプリング配管を施します。また、密度変換器も密度検出器に近接した現場に設置しておきます。
ただし、現場が爆発危険場所であったり、シリアル通信信号を利用する場合において受信用機器までの距離が遠く離れていたりするときは、計器室などに設置しなければならないことがあります。

3.1 密度検出器の設置

密度検出器は、ご希望に応じ、単体でお納めする場合とサンプリング装置に組み込んだ状態でお納めする場合とがあります。前者の場合は、密度検出器の性能が十分に発揮されるよう、測定溶液の性状などのプロセス状態を考慮に入れてサンプリング装置を設けてください。

3.1.1 密度検出器の取付け

密度検出器が単体で収められた場合には、ブラケットや垂直または水平方向に設けたパイプ（呼び寸法 50A）へしっかり固定してください。いずれの場合も、検出器が所定の姿勢 *1 となるようにします。

*1： 振動子パイプ部分の軸方向がほぼ垂直となる状態を、正規の取付け姿勢とします。

(1) パイプ取付け

パイプ取付け用金具は、原則として、検出器に取り付いた状態で出荷されます。そのまま、垂直方向に設けられた堅牢なパイプに固定してください。なお、水平方向に設けられたパイプに固定する場合には、いったん、取付け用金具を検出器からはずし、90 度回転させた状態に付け替えてからパイプに固定してください。図 3.1 は、垂直パイプへ取付けたときの状態を示したものです。
また、図 3.2 は、水平パイプへ取付けたときの状態を示したものです。

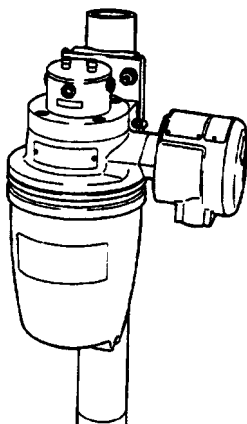



図3.1　垂直パイプへ取付けたときの状態

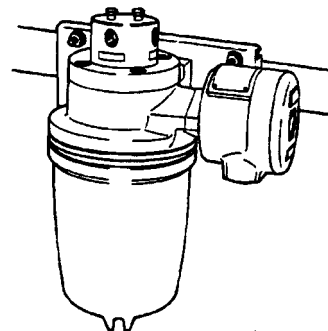



図3.2　水平パイプへ取付けたときの状態

(2) ブラケット取付け

パイプ取付け用金具は不要となります。4 本のボルト（スプリングワッシャ付き）を緩め、検出器からパイプ取付け用金具を取り去ってください。なお、ボルトとスプリングワッシャは、ブラケットへ検出器を固定するときに使用します。図 3.3 は、ブラケットに加工する検出器固定用穴を示したものです。また、図 3.4 はブラケット取付けの要領を示したものです。

単位：mm

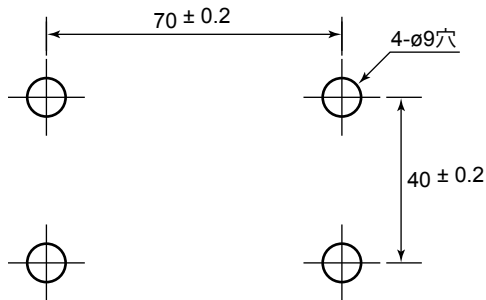



図3.3　検出器固定用穴の加工要領

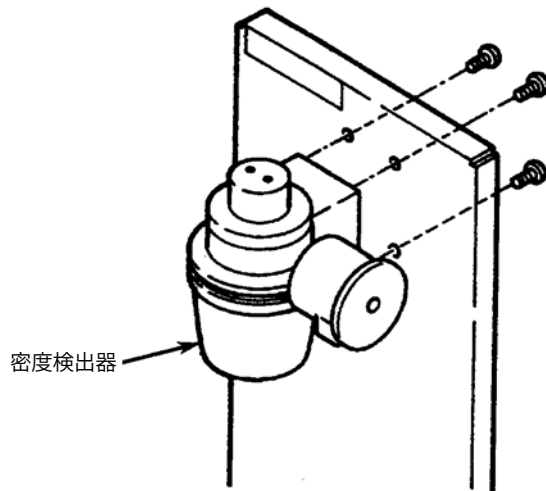



図3.4　ブラケット取付けの要領

3.1.2　振動式密度計サンプリング装置

密度検出器が単体で納められた場合に設けるサンプリング装置について説明いたします。ここでいうサンプリング装置とは、密度検出器の性能が十分に発揮されるように測定溶液の性状を整えること、また、適正な運転状態が維持されているかどうかを監視すること、さらに、校正や振動子の掃除といった保守をしやすくすることを目的として、密度検出器に近接した配管部にバルブ、温度計、流量計などを装備しておく部分のことです。
サンプリング装置は、次に準じて設けてください。なお、プロセス配管からこのサンプリング装置まで測定溶液を導くための配管につきましては、3.3 項を参照してください。

(1) フロー図

図 3.5 に、標準的なサンプリング装置のフロー図を示します。当社製の VD6SM 形密度計サンプリング装置もこのフロー図に準じて設計してあります。

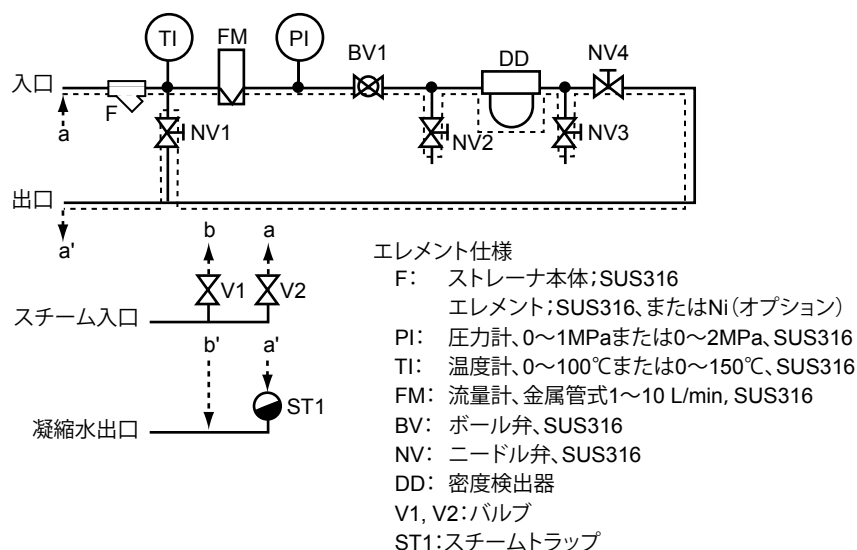



図3.5 フロー図

図 3.5 において、F（ストレーナ）は固形物などがサンプリング装置内に入り込むのを防止するためのものであり、通常、80 メッシュ程度のフィルタを使用します。TI（温度計）、FM（流量計）および PI（圧力計）は、測定溶液の状態監視に必要です。また、NV1（ニードルバルブ）は、検出器内を流れるサンプル流量を調整するのに必要です。BV1（ボールバルブ）および NV4（ニードルバルブ）は、振動子の掃除や標準液による校正に際して測定溶液の流通を停止するため（ニードルバルブは流量調整の役目もします）、NV2（ニードルバルブ）と NV3（ニードルバルブ）は、振動子内の溶液を排出したり手分析用のサンプルを採取するために設けておきます。

測定溶液の流動点が高い場合など、測定溶液の粘度を下げる必要のあるときなどは、密度検出器とサンプル配管とをスチームで個別に加温できるようにします。

密度検出器の加温は接続口へスチーム配管を施して行います。また、サンプル配管の加温は、トレース管を付設して行います。V1（「ストップ」バルブ）は密度検出器加温用スチーム配管へスチームを提供するためのものであり、V2（「ストップ」バルブ）はサンプル配管加温用トレースへスチームを供給するためのものです。ST1（スチームトラップ）は、凝縮水を排出するために設けておきます。

(注 1) サンプリング装置に使用するバルブの種類は使用目的によって決定しますが、本取扱説明書においては、原則として、特にその構造のものを推奨したい場合には具体的な名称（例えば、ボールバルブ）を、また、使用目的に適合していればその種類を問わない場合には用途を「」内に併記（例えば、「ストップ」バルブ）して示してあります。

(注 2) 密度検出器の加温は、VD6D 形（一般用）または VD6DF 形（耐圧防爆形）をご使用の場合に可能です。VD6DS 形（サニタリ用）をご使用の場合には、スチーム配管接続口がありませんので加温することはできません。

(注 3) 当社製の VD6SM 形サンプリング装置は、VD6D 形（一般用）または VD6DF 形（耐圧防爆形）密度検出器をご使用になる場合に適合するものであり、VD6DS 形（サニタリ用）密度検出器を使用して食品類の測定を行う場合にはおすすめできません。

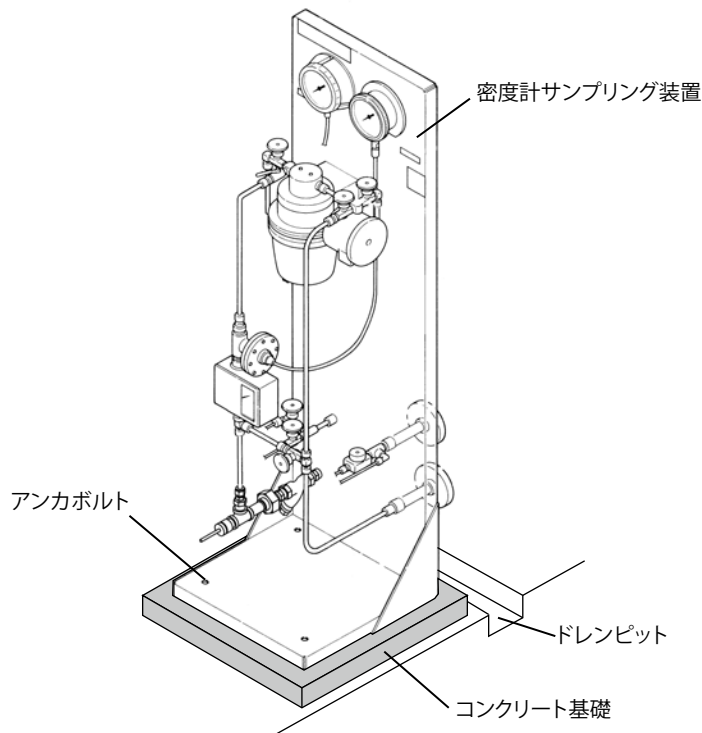



図3.6　密度計サンプリング装置の例（当社製VD6SM）

(2) 密度計サンプリング装置を設計するに際しての留意点

- 応答性を良くするため、配管距離の短小化をはかる。
- 測定誤差となる気泡の混入を防止するため、配管内に空気層を残存させない。
- 固形物の堆積してしまうような屈曲部がないよう配管を施す。
- 掃除などの保守を、容易に行える構造にする。
- 適切な材料で製作された配管用品を選択する。特に、食品類の測定をオンラインで行うときなどは、熟慮のうえ決定する。

(3) 密度計サンプリング装置の設置

サンプリング装置に組み込まれた密度検出器をご入手になった場合、または、それに類したサンプリング装置を製作した場合には、次のような所を選んで設置してください。

- サンプル採取点に近いところ。
- 振動のないところ。
- VD6DF 形（耐圧防爆形）密度検出器が組み込まれているサンプリング装置を爆発危険場所でご使用になる場合は、定められた使用環境条件を満たしているところ。

なお、サンプリング装置は、水はけの良いコンクリート基礎にしっかり固定しておきます。

(4) 密度検出器内輸送対策用部品の除去

輸送中に性能が悪化したり損傷したりするのを防止するため、振動子部分を発振用増幅器ケースに固定して出荷いたします。この固定のために使用されているゴムシートを取り去ってください。

ゴムシートは、ケースと振動子アセンブリの連結子との間に挟みこまれています。取り外し作業は、次の要領で行ってください。なお、説明の中に出てくる検出器各部の名称につきましては、4.1.1 項を参照してください。

(a) 密度検出器のカバーを取りはずします。まず、六角棒スパナを使用して、錠締金具をはずしてください。次に、カバーを反時計方向に回して緩め、内器に強く接触させないよう注意しながら真下に抜き取ります。

(b) 振動子部分を覆っているカバー（乾燥剤が付いている方）を取りはずしてください。

(c) 振動子固定用の押さえねじを緩めます。マイナスドライバを使用して、反時計方向に回せるだけ回しておいてください。
回し方が不完全な場合、運転中に振動子部分と接触して正しい測定値を得られなくなることがあります。

注意

振動子は極めて薄い肉厚のパイプでできています。使用不能となりますので、凹みや傷をつけないよう注意してください。

(d) ゴムシートを取りはずしてください。振動子部分に力が加わらないようにして抜き取ります（図 3.7 参照）。

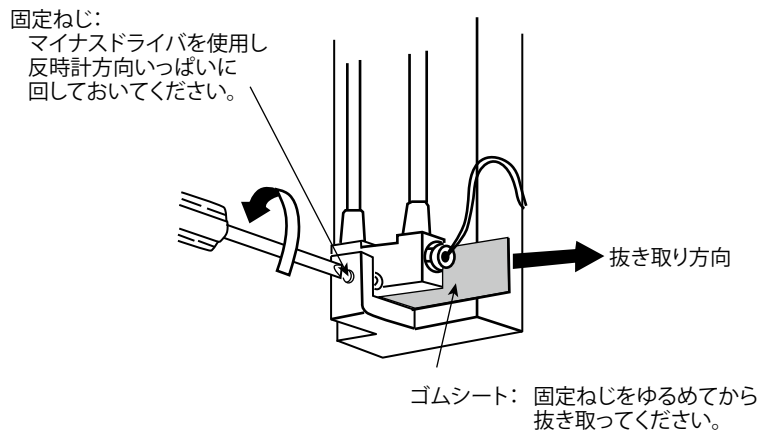



図3.7　輸送対策用ゴムシートの取りはずし方

(e) (b) 項で取りはずしたカバーを、元どおりに取付けてください。また、(a) 項で取りはずしたカバーもケース部分にしっかりねじ込み、錠締めを施しておいてください。
以上で作業は終了です。なお、取りはずしたゴムシートは、密度変換器を移送することが生じた場合に必要となりますので、保管しておいてください。

3.2 密度変換器の設置

3.2.1 設置場所

密度変換器は、次のような場所に設置してください。

・ 校正などの保守作業を容易にするため、特に制約のない場合は検出器に近いところ。
 密度変換器は防塵・防雨構造となっていますので、屋外に設置することが可能です。ただし、VD6DF 形耐圧防爆形検出器と組み合わせて防爆システムを形成するときには、爆発危険場所に設置しておくことはできません。必ず、非危険場所に設置してください。また、シリアル通信出力信号をご使用になる場合においては、変換器と受信用機器とを結ぶケーブルの長さを 10 m 以下とすることが望まれます。したがって、検出器の近くに設置することが困難になることがあります。
・ 振動のないところ。
 振動は、電気回路間の接続部に接触不良を引き起こすなどの悪影響を与えることがあります。
・ 直射日光の当たらないところ。
 本器は、-10 ～ 55℃の周囲温度でご使用いただけます。夏場の直射日光は、使用範囲を超えて機器に温度上昇をもたらすことがあります。
・ 腐食性ガスやほこりの少ないところ。

本器は防塵・防雨構造となってはいますが、点検・保守時に扉を開くことがありますので、できるだけ良好な環境下に設置することが望まれます。同様な意味で、次の項も設置場所選択の条件となります。

・ 湿気の多すぎないところ。
・ 温度差の少ないところ。

3.2.2 密度変換器の取付け

密度変換器は、添付されている取付金具（図 3.8 参照）を用い、パネル、壁面または垂直方向に設けられたパイプ（呼び寸法 50A）に取付けることができます。

(注) 性能面においては、いかなる取付け姿勢であっても影響を受けることはありません。

取付け作業は、それぞれ次の要領で行ってください。

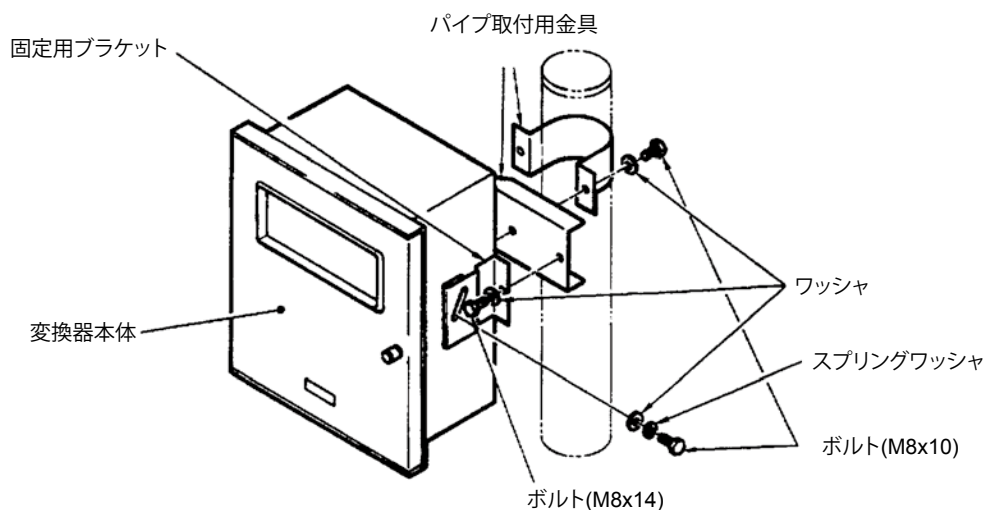



図3.8 取付金具一式

(1) パネル取付けの要領

パネル取付けは、ケース部分をパネル内に埋め込むようにする取付け方法です。この方法においては､取付金具一式のうちのパイプ取付け用部品（図 3.8 参照）は不要ですので、取り去ってください。
図 3.9 の要領で、パネルカットを施してください。
このカット部分に正面から変換器のケース部分を挿入しますが、このとき、ケースの左右側面にある固定用ブラケットを、いったん、取りはずしてください。固定用ブラケットは、ケース部分をパネルに挿入した後、パネルを押さえつけるようにして取付けます。
図 3.10 に、パネルへ取付けたときの状態を示します。

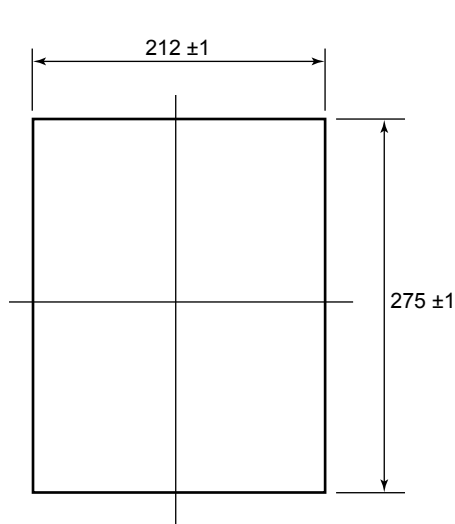
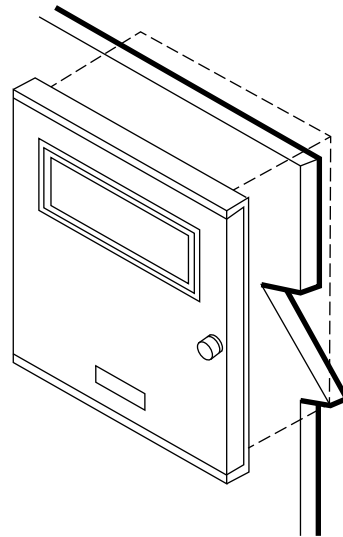



図3.9　パネルカット寸法　　**図3.10　パネル取付け**

(2) 壁面取付けの要領

壁面取付けは、ケース部分の背面が壁に接するように取付ける方法です。この方法においても、パネル取付けの場合と同様、取付金具一式のうちのパイプ取付け用部品は不要です。ただし、パネルへ固定するための 2 個のボルトとスプリングワッシャは必要です。
壁面に、図 3.11 の要領でねじ穴を加工してください。

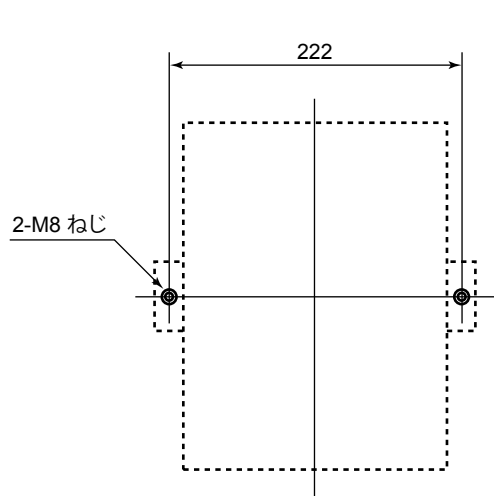
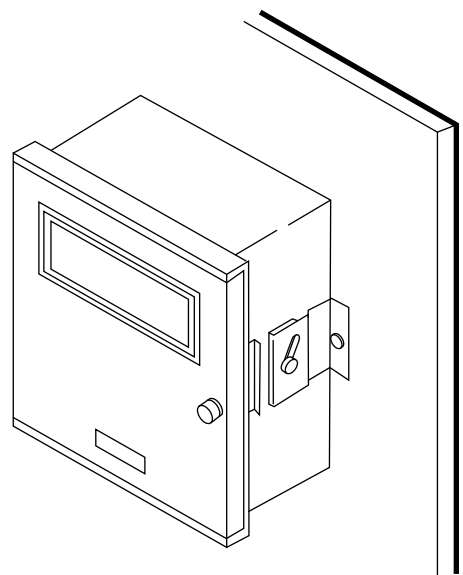



図3.11　壁面取付けをする場合のねじ穴加工　　**図3.12　壁面取付け**

変換器ケースの左右側面にある固定用ブラケットを背後方向に立ち上がり部がくるよう 180 度回転させて取付けなおし、図 3.12 のように変換器を壁面に固定します。

(3) パイプ取付けの要領

本器の取付金具は、呼び寸法 50A（外径 60.5 mm）に適応します。図 3.13 のように、堅牢な直立（傾斜していても特に問題はありません）パイプに取付けてください。

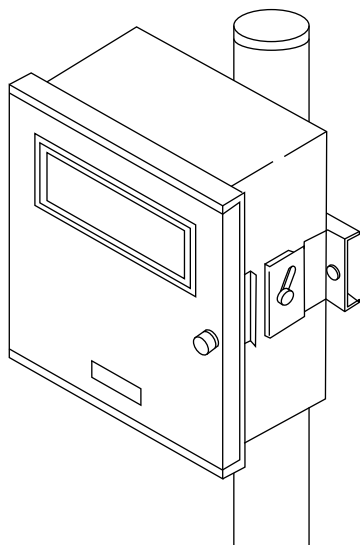



図3.13　パイプ取付け

3.3 配　管

振動式密度計には、次のような配管を施します。
(1) サンプル導管
(2) 保守用空気配管
(3) スチーム配管
(4) エアパージ用配管

サンプル導管は、密度検出器に測定溶液を導くための配管です。保守用空気配管は、保守（振動子の掃除、標準液による校正）時に振動子内の溶液を排出する空気を得るための配管です。また、スチーム配管は、サンプル導管を加温する蒸気を得るための配管であり、必要に応じて施します。
エアパージ用配管は、密度変換器や腐食性ガスや湿気のある現場に設置した場合などに施します。
なお、ここでいうサンプル導管は、プロセス本管からサンプリング装置までの配管です。サンプリング装置内の配管につきましては、3.1.2 項を参照してください。

3.3.1 サンプル導管

測定溶液をサンプリング装置に導くための配管です。プロセス本管などにサンプル取り出し口とサンプル戻し口を設け、そこからの配管を各々サンプリング装置の “SAMPLE IN” および “SAMPLE OUT” へ接続します。
配管施工は、一般に次の要領で行います。
(1) サンプル取出し口とサンプル戻し口は、測定対象液の圧力差が 0.1 MPa 以上となる点を選んでください。
(2) サンプル取出し口側配管の長さは、10 m 以下にしてください。なお、配管材料には、呼び径 15A、Sch 40 ～ 80 のステンレス鋼鋼管などを使用します。
(3) サンプリング装置に近づけて、「タップ」バルブや「ドレン」バルブを設けてください。

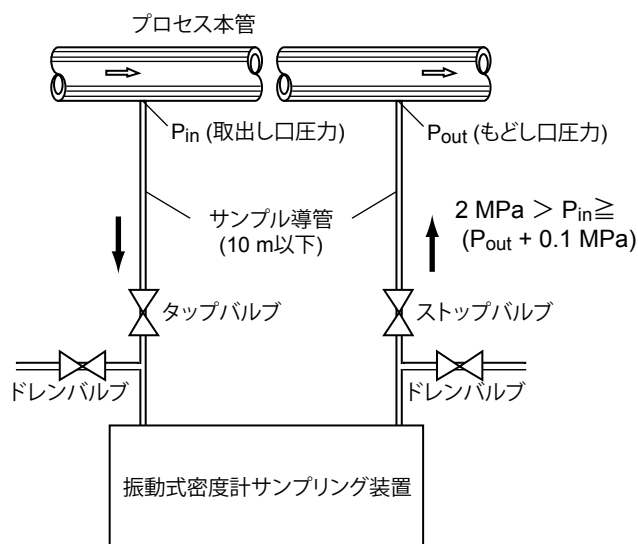



図3.14　サンプル導管の配管要領

(4) 固形成分などが徐々に堆積してしまう屈曲部を作らぬよう、配管を施してください。

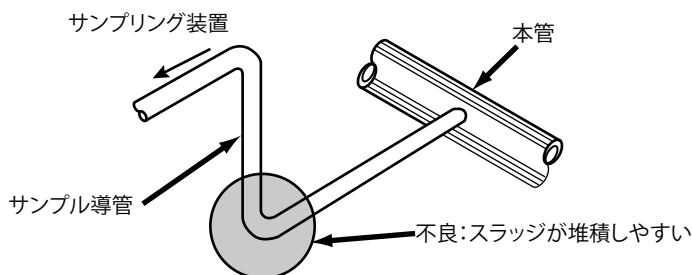



図3.15　悪い配管施工の例

3.3.2　保守用空気配管

密度検出器内振動子の掃除を行うとき、また、標準液を用いて校正を行うときは、空気圧を利用して振動子内の溶液を排出します。このための空気源（0.3 ～ 0.5 MPa G の圧力を持つ清浄な乾燥空気）がサンプリング装置設置場所の近くにない場合は、設置場所まで配管を施すことをお勧めします。
なお、保守用空気配管は、振動子の掃除あるいは標準液を用いた校正を行うときにだけサンプリング装置へ接続します。空気源からの配管には、サンプリング装置に近づけて「ストップ」バルブおよび減圧弁を配するとともに、配管の先端には、外径 ø10 mm 鋼管（当社製サンプリング装置の場合）への接続に適したフレキシブルチューブを取付けておいてください。

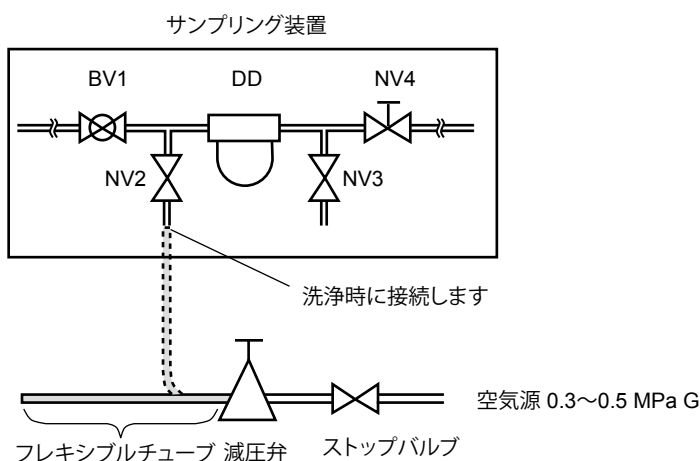



図3.16　保守用空気配管

3.3.3　スチーム配管

測定溶液の粘度あるいは流動点が高く、スチーム加温によって流動性を良くする必要がある場合に施す配管です。この配管を施す場合、サンプリング装置にはスチームトレース管が付設されていなければなりません。
スチーム配管は、加温用蒸気源とサンプリング装置の “STEAM IN” 間に施すとともにサンプリング導管部にトレース管を設け、このトレース管にも蒸気を供給できるようにします。蒸気源としては、蒸気圧 0.3 ～ 0.5 MPa、蒸気温度 140 ～ 160℃の条件を持つものが適しています。
なお、サンプル導管部に施すトレース管の敷設工事は、サンプル導管の耐圧試験やリーク検査が終了してから行ってください。

配管施工に際しましては、次の点に留意してください。

(1) サンプル導管へのトレース管は、配管全体が加温されるよう施してください。そして、保温材で覆っておきます（図 3.17 参照）。
(2) サンプリング装置の“CONDENSATE OUT”に施す配管の先端は、大気に開放してください（図 3.18 参照）。

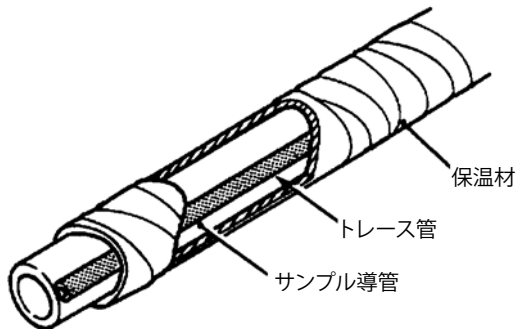
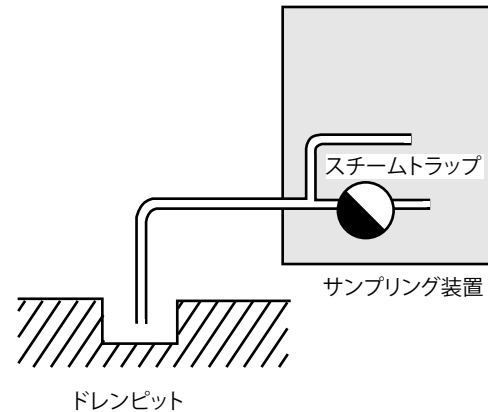



図3.17　スチームトレース部　　**図3.18　スチームトラップ排出側の配管**

3.3.4　エアパージ配管

あまり良好とはいえない雰囲気の現場に密度変換器を設置した場合には、エアパージすることをお勧めします。エアパージは、器内に 50 kPa G 程度の清浄な乾燥空気を連続供給する方法で行います。
空気源から変換器のエアパージ用配管接続口までを、ø6×ø4 mm の銅管あるいはステンレス鋼鋼管を使用して配管してください。
なお、配管接続口は、Rc1/8 のめねじとなっていますが、ご要望があった場合には Rc1/4 めねじ、あるいは 1/4NPT めねじとするためのコネクタが付加されています。

3.4　配　線

振動式密度計には、次のような配線を施します。
(1)　検出器―変換器間配線（専用ケーブルを使用）
(2)　アナログ出力信号用配線
(3)　シリアル通信出力信号用配線（配線の長さは、10 m 以内にすることを推奨）
(4)　異常時接点出力用配線
(5)　電源供給用配線
(6)　接地用配線
図 3.19 は、これら配線の結線要領を示したものです。

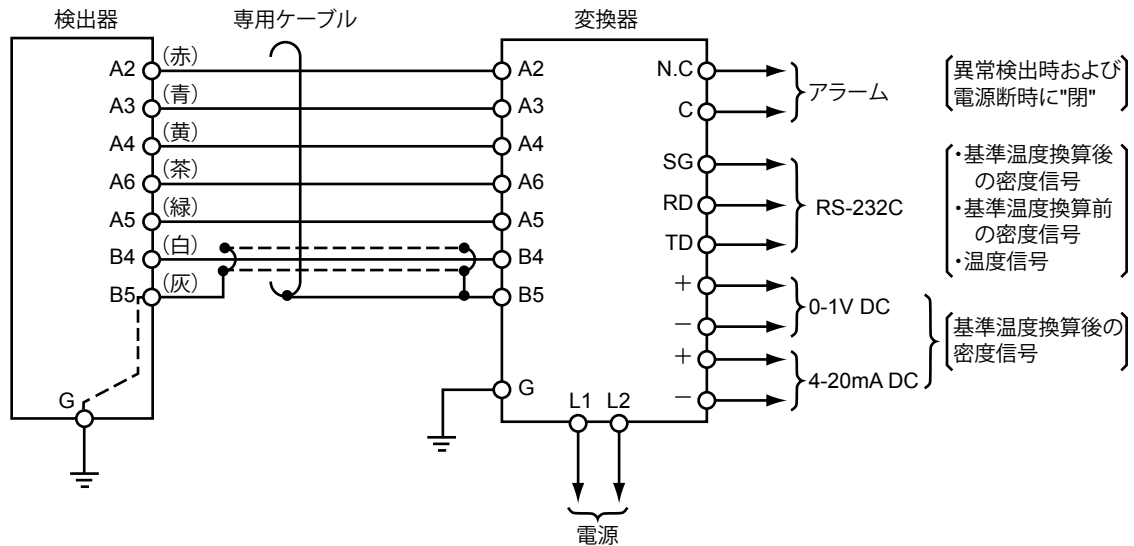



図3.19　結線図

なお、密度検出器のケーブル引き込み口は、端子箱の下部にあります。また、密度変換器のケーブル引込み口はケースの底部分に 5 個あり、大きさはいずれも ø27 mm となっております。一つの引込み口からは 1 本のケーブルを通すようにしますが、使用する引込み口には特に制約はありません（ほぼ、図 3.20 に示したような配置にしてください）。

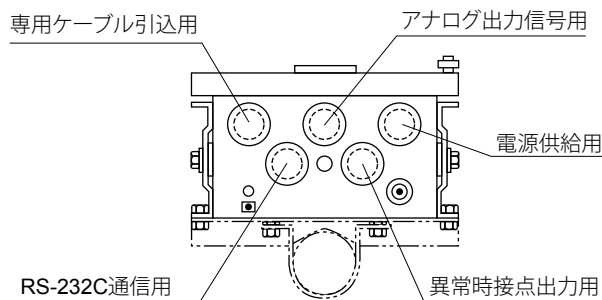
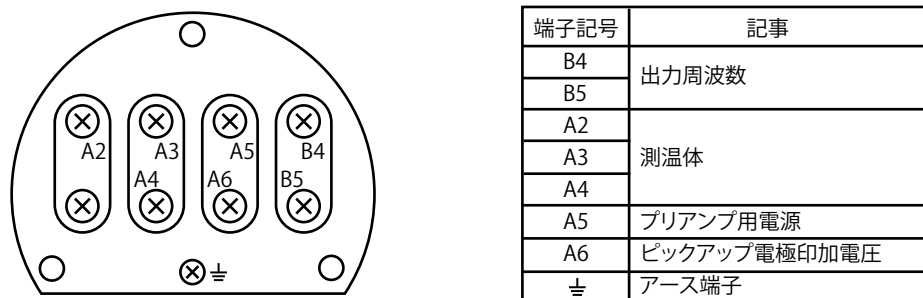



図3.20　密度変換器のケーブル引き込み口

図 3.21 は、密度検出器の端子配置を示したものです。

図3.21　密度検出器の配線用端子配置

端子記号	記事
B4	出力周波数
B5	
A2	測温体
A3	
A4	
A5	プリアンプ用電源
A6	ピックアップ電極印加電圧
⏚	アース端子

3.4.1　検出器—変換器間配線

この配線は、専用ケーブルを使用して行います。専用ケーブルは、ご指定のあった長さとなっています。また、図 3.22 のように、端末処理が施されております。
配線作業に入る前に不都合な点のないことを確認しておいてください。なお、配線作業に際しましては、端末処理部を汚したり濡らしたりしないよう注意してください。

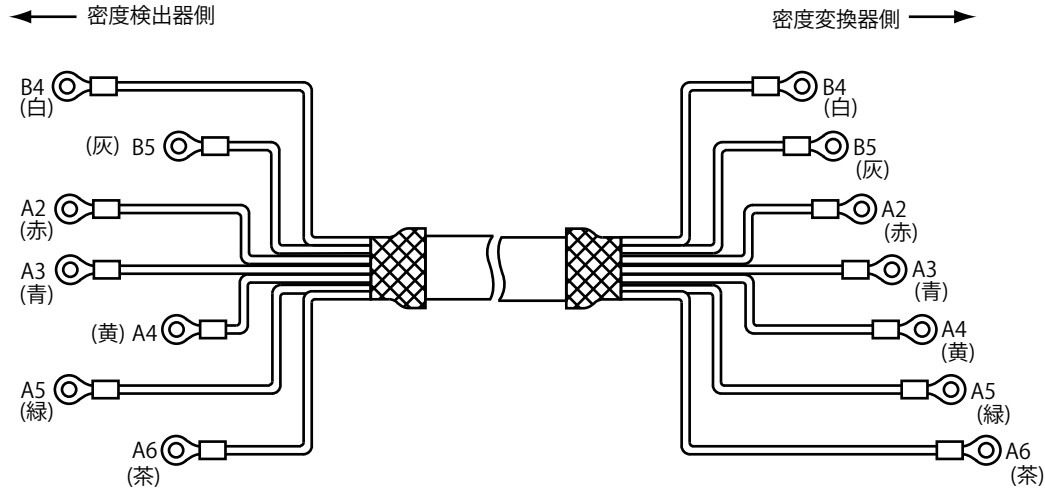



図3.22　専用ケーブル

＜密度検出器への接続＞

ケーブル引き込み口から専用ケーブルをカバーの取りはずされた端子箱内に引き入れ、図 3.23 のように、各芯線を所定の端子に接続してください。なお、端子箱カバーは、密度検出器用付属品として添付されているスパナを使用して取りはずします。
なお、密度検出器側の専用ケーブルは、通常、フレキシブルフィッティング *1 で保護し、さらにそこから先は電線管で保護して配線ダクトへと導いておきますが、VD6DF 形防爆形密度検出器の場合の配線工事は、所定の電線管用品を使用して行う必要があります。
防爆形密度検出器への配線は耐圧防爆金属管方式によって行うこととし、ケーブル引込み口 Rc3/4 めねじに適合する防爆形フレキシブルフィッティングを使用してケーブルを保護するとともに、防爆性の維持に努めてください。

*1：ここではフレキシブルフィッティングを推奨しておりますが、通常の点検・保守においては検出器を移動することはありませんので、必ずしも可撓性を持たせる必要はありません。

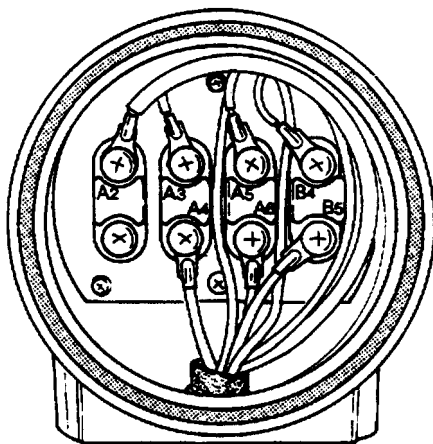



図3.23　密度検出器端子箱のケーブル接続状態

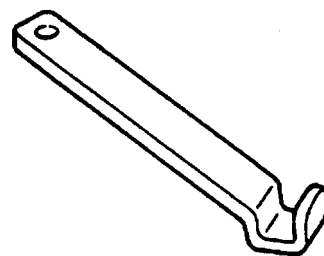



図3.24　端子箱カバー開閉用スパナ

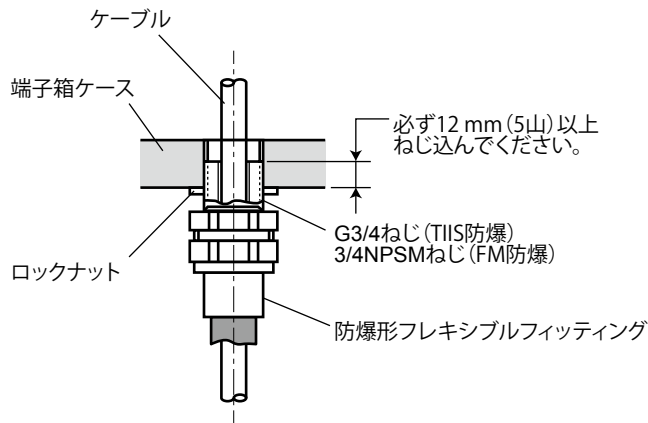



図3.25　防爆形フレキシブルフィッティングの接続

＜密度変換器への接続＞

密度変換器は現場で設置されている場合と屋内（計器室など）に設置されている場合とがありますが、配線に際しましては、いずれの場合もケーブル引込み口の密閉対策およびケーブルの保護対策に留意してください。ケーブル引込み口の密閉対策は、特に、エアパージを行うときに必要です。電線貫通金物を使用したり、シリコンコンパウンドなどで埋めたり（電線管を用いる場合）してシールしてください。また、ケーブルの保護対策は、損傷するおそれのある場所にケーブルを敷設する場合は特に必要となります。

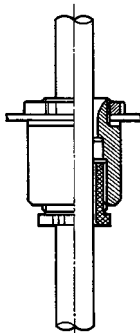
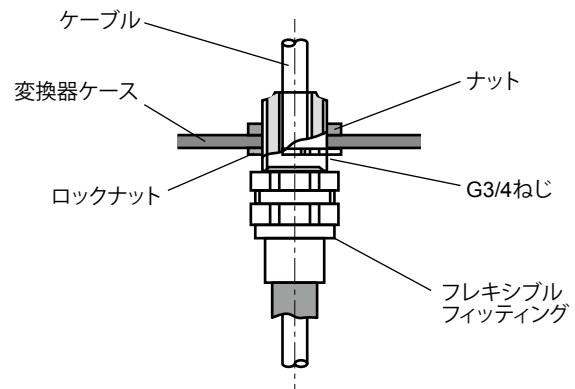



図3.26　電線貫通金物を使用したケーブル　　**図3.27　電線管方式の場合のケーブル引込み口**

専用ケーブルは、できるだけ左側（正面から見て）にあるケーブル引込み口から機器内に引き入れ、その芯線をそれぞれ所定の端子に接続してください。

3.4.2　アナログ出力信号用配線

アナログ出力信号には、4-20 mA DC 出力（負荷抵抗 550Ω 以下）と 0-1 V DC 出力（負荷抵抗 250 k Ω以上）とがあります。必要に応じて、どちらか一方または両方の配線を行ってください。

配線には、2 芯（1 信号の場合）または 4 芯（2 信号の場合）のシールド付きケーブルを使用します。

変換器への接続に際しましては、ケーブルの外部被覆を先端から 50 mm 程度剥ぎ取って芯線部分を露出させ、この芯線の先端に M4 ねじに適合する圧着端子を取付けてください。

なお、ケーブルのシールドは、受信用機器側で接地します。

配線施工の要領は、3.4.1 項に準じます。

3.4.3 シリアル通信出力信号用配線

DM8 形密度変換器は、アナログ信号のほか RS-232C によるシリアル通信信号も出力します（シリアル通信信号の詳細は 1 章における「標準仕様」の項を参照してください）。
この信号を使用するときは、3 芯のシールド付きケーブルを使用して配線してください。なお、変換器から受信用機器までのケーブル長は、10 m 以下とします。
ケーブル端末処理の要領は 3.4.2 項に準じますが、ケーブル先端からの外部被覆は 80 mm 程度剥ぎ取ってください。
配線施工の要領は、3.4.1 項に準じます。

3.4.4 異常時接点出力用配線

変換器や検出器の異状などによってエラー（表 4.2 参照）が生じたときには、異常を示す接点信号が出力されます。
この異常時接点出力を利用する場合は、2 芯ケーブルを使用して配線します。変換器への接続に際しましては、ケーブルの外部被覆を先端から 80 mm 程度剥ぎ取って芯線部分を露出させ、この芯線の先端に M4 ねじに適合する圧着端子を取付けてください。
配線施工の要領は、3.4.1 項に準じます。

3.4.5 電源供給用配線

変換器へ駆動用の電源を供給するための配線です。
配線は 2 芯のシールド付きケーブルを使用して行ってください。ケーブル端末処理および配線施工の要領は、3.4.2 項で説明した、アナログ出力信号用配線と同じです。

3.4.6 接地用配線

密度検出器のケースおよび密度変換器のケースは、原則として、接地しておきます。
検出器の接地用配線接続端子は固定用金具取付け部に、また、変換器の接地用配線接続端子はケースの底部にあります。それぞれ、公称断面積 2 mm^2 以上の導線を使用するなどして、接地抵抗が 100 Ω以下（D 種接地相当）となるように配線してください。

4.　運　　転

4.1　各部の名称と機能

4.1.1　検出器各部の名称

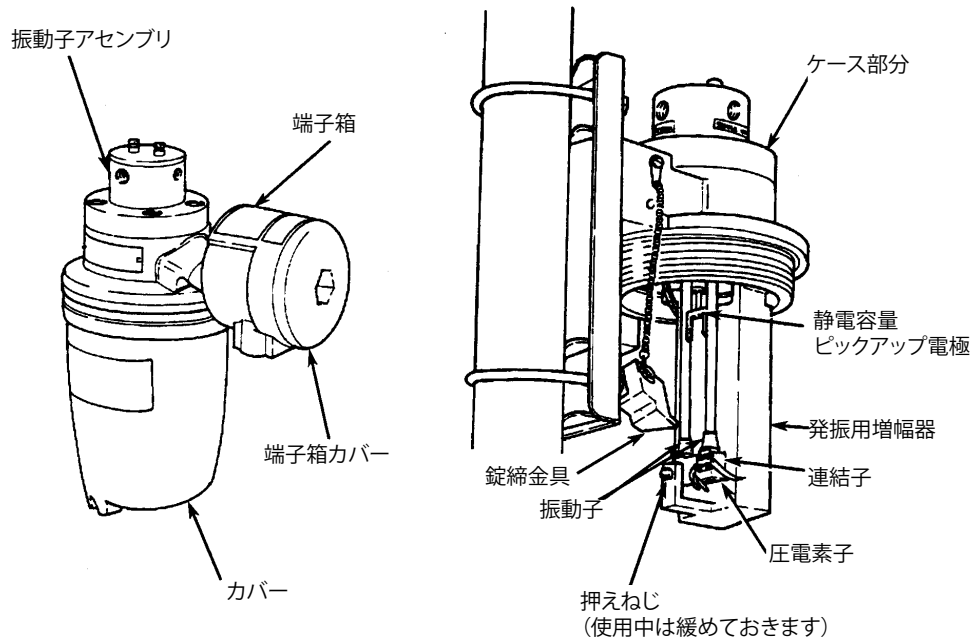



図4.1　密度検出器各部の名称

4.1.2　変換器各部の名称と操作パネル

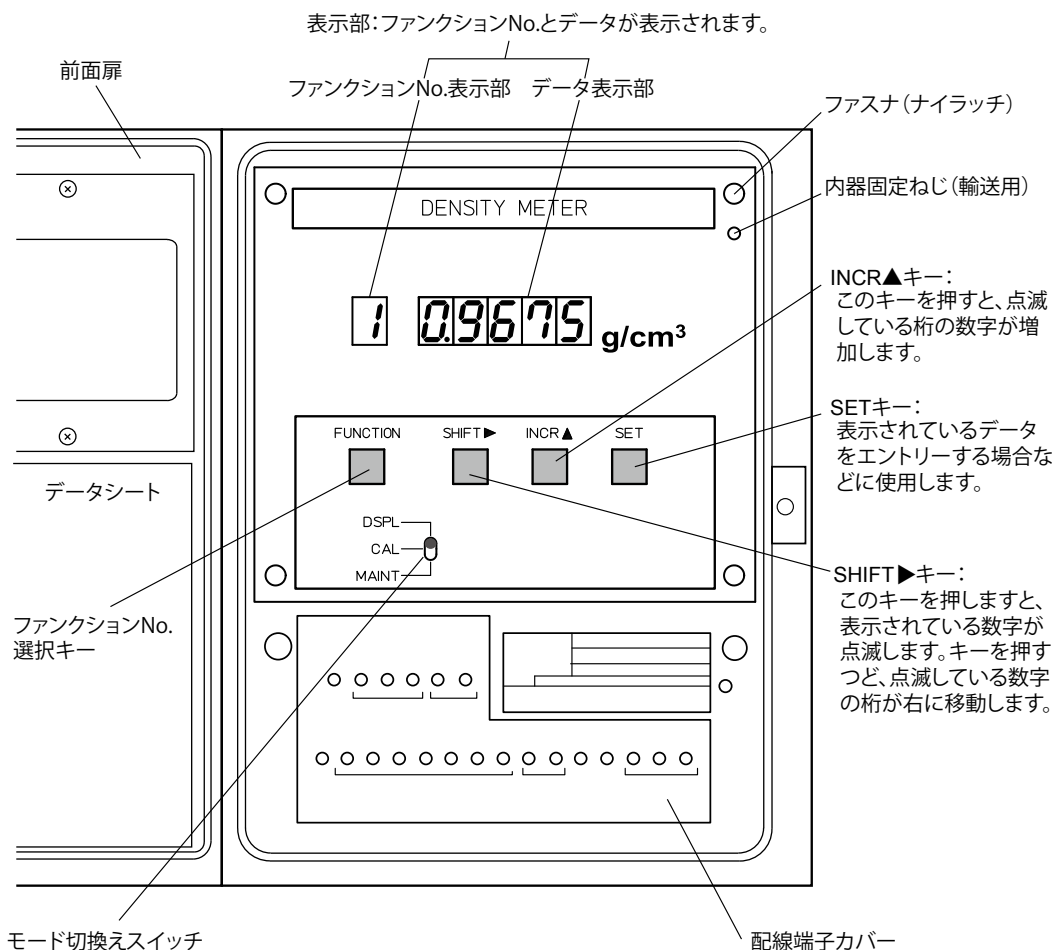
操作パネルは密度変換器の前面扉を開けて操作します。データ表示部は前面扉を閉めた状態でも使用できます。

DSPL（測定モード）：
　通常の運転を行う場合のモードです。このモードでは、ファンクションNo.を切り換えることにより、表示部へ基準温度に換算した密度、測定した温度における密度および測定溶液の温度を表示させることができます。
CAL（校正モード）：
　校正を行う場合のモードです。
MAINT（保守モード）：
　動作状態のチェック、運転条件を整えるための検出器定数の設定や基準温度の設定などを行う場合のモードです。

図4.2　密度変換器各部の名称と操作パネル

4.2　動作解説

4.2.1　動作モード

DM8 形振動式密度計の動作は、動作モードによって規制されます。動作モードには、測定モード（DSPL)、校正モード（CAL）および保守モード（MAINT）の 3 つのモードがあり、それぞれのモードは、モード切換えスイッチのレバー位置を切り換えることによって選択することができます。

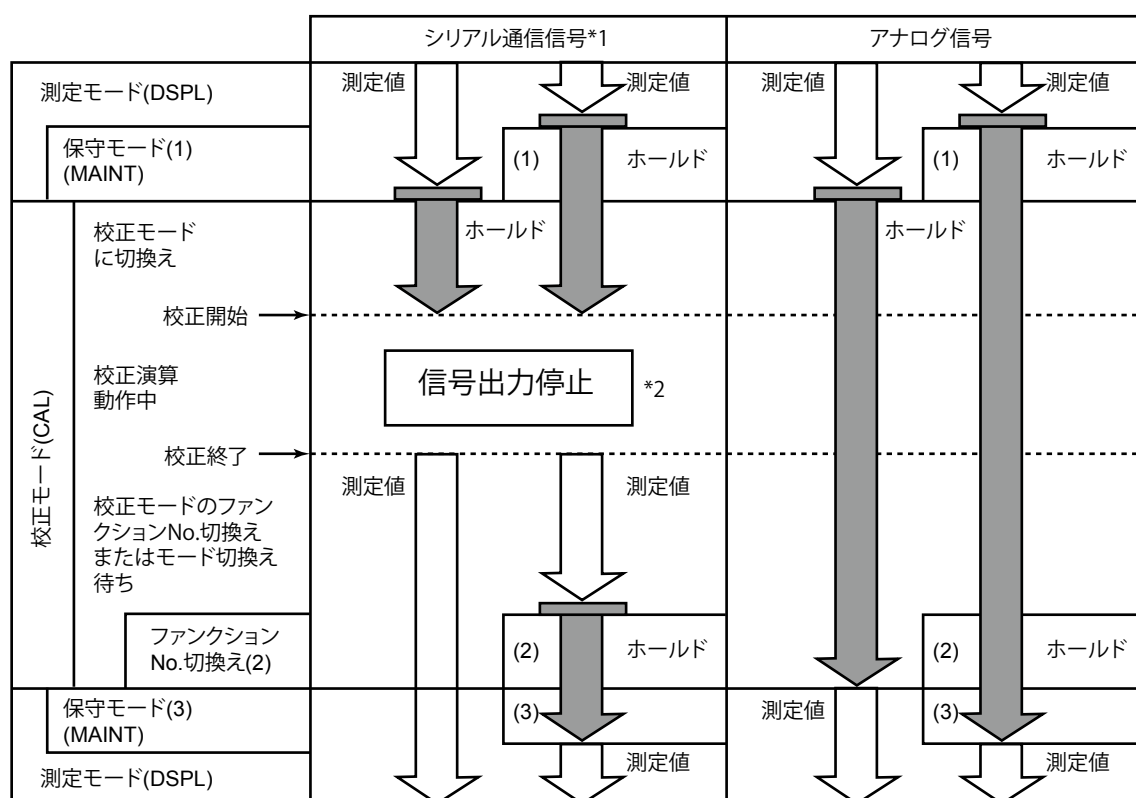
表4.1　動作モードおよびファンクションNo.一覧

MODE SW	FUNCTION NO.	内　容	表　示
測定モード (DSPL)	無表示	密度表示（基準温度換算値）	g/cm^3
	1	密度表示（実測値）	g/cm^3
	2	測定溶液温度表示	℃
校正モード (CAL)	3	校正液 1 の密度値設定	□.□□□□ g/cm^3
	4	校正液 1 の温度設定	□□□.□℃
	5	校正液 1 の温度係数設定	-□□□× 10^{-5} g/cm^3/℃
	6	校正 1 開始（SET キーを押す）	CAL-1（校正終了後は密度値）
	7	校正液 2 の密度値設定	□.□□□□ g/cm^3
	8	校正液 2 の温度設定	□□□.□℃
	9	校正液 2 の温度係数設定	-□□□× 10^{-5} g/cm^3/℃
	A	校正 2 開始（SET キーを押す）	CAL-2（校正終了後は密度値）
保守モード (MAINT)	1.	プロテクト解除（77 を入力）	77
	2.	周波数表示（密度）	Hz
	3.	周波数表示（温度）	Hz
	4.	出力信号チェック	□□□ %
	5.	LED チェック（SET キーを押す）	- LED -（5 回点滅）
	6.	出力レンジ下限設定	□.□□□□ g/cm^3
	7.	出力レンジ上限設定	□.□□□□ g/cm^3
	8.	測定溶液の基準温度設定	□□□.□℃
	9.	測定溶液の温度係数設定	-□□□× 10^{-5} g/cm^3/℃
	A.	検出器定数 A 設定	□□□□
	B.	検出器定数 B 設定	□□□□
	C.	検出器校正係数 C（スパン）表示	
	D.	検出器校正係数 D（ゼロ）表示	

(1) 測定モード（DSPL）：

通常運転を行うときのモードです。
このモードのときのアナログ出力は、基準温度に換算された密度測定値が出力されます。
また、シリアル通信出力は、基準温度に換算された密度測定値のほか、測定温度における密度値と温度測定値とが出力されます。
表示部には、ファンクション No. を選択することにより、基準温度に換算された密度測定値（No. 表示無しの場合)、測定温度における密度値（No.1 の場合)、温度測定値（No.2 の場合）のいずれかを表示させることができます。
ファンクション No. の選択には、ファンクション No. 選択キーを使用します。

(2) 校正モード（CAL）：

校正を行うときのモードです。校正に必要なデータの設定や指令を行います。
このモードのときの出力は、アナログ出力およびシリアル通信出力のいずれもホールド値（ホールドに入る直前の測定値を保持）出力となります。ただし、シリアル通信出力においては、ファンクション No.'6' および 'A' での校正演算動作中にデータの出力が停止します。また、校正演算が終了しますと、その時点からホールドが解除され、'6' または 'A' から他のファンクション No. に切り換えるまでは、測定値が出力されます。

*1： シリアル通信信号では、温度換算後の密度値、測定温度での密度値、測定液の温度が伝送されます（アナログ信号では、温度換算後の密度だけ）。

*2： 密度変換器内の表示部には、「CAL-1」または「CAL-2」の表示が出ます。

図4.3　シリアル通信信号およびアナログ信号の出力状態

校正モードにおけるファンクション No. には '3' から 'A' までの 8 種類があり（表 4.1 参照）、'6' および 'A' は校正演算動作指令のために、この二つを除く他のファンクション No. は校正に必要なデータを入力するために設けられてあります。

ファンクションNo.'3'：校正液1の密度値設定

二点校正における 1 点目の校正および一点校正に用いる校正液（これらを校正液 1 と呼ぶことにします）の密度値（g/cm^3）を入力することができます。入力する密度値は、原則として、基準温度での値とします。

（注）温度が明確であればその温度における密度を入力しても構いませんが、総合的な校正精度を高めるために、基準温度における密度値とすることをおすすめします。

ファンクションNo.'4'：校正液1の温度設定

'3' で入力した密度値となる校正液 1 の温度（℃）を入力します。

ファンクションNo.'5'：校正液1の温度係数設定

'3' で入力した校正液 1 の温度係数（g/cm^3/℃）を、-100,000 倍して入力します。

（注）温度係数が -0.00086 g/cm^3/℃の場合は、086 と入力します。

ファンクションNo.'6'：校正1開始（SETキーを押す）

二点校正における 1 点目の校正および一点校正の校正演算動作指令を行うことができます。指令は、"SET" キーを押すことによって行います。

（注）校正の要領につきましては、4.4 項を参照してください。

ファンクションNo.'7'：校正液2の密度値設定

二点校正における 2 点目の校正に用いる校正液（これらを校正液 2 と呼ぶことにします）の密度値（g/cm^3）を入力することができます。入力する密度値は、原則として、'4' で入力した基準温度と同じ基準温度での値とします。

（注）温度が明確であればその温度における密度を入力しても構いませんが、総合的な校正精度を高めるために、基準温度における密度値、しかも '4' と同じ温度における密度値とすることをお勧めします。

ファンクションNo.'8'：校正液2の温度設定

'7' で入力した密度値となる校正液 2 の温度（℃）を入力します。

ファンクションNo.'9'：校正液2の温度係数設定

'7' で入力した校正液 2 の温度係数（g/cm^3/℃）を、-100,000 倍して入力します。

ファンクションNo.'A'：校正2開始（SETキーを押す）

二点校正における 2 点目の校正演算動作指令を行うことができます。指令は、"SET" キーを押すことによって行います。

(3) 保守モード（MAINT）：

運転条件を整えるためのデータ入力を行ったり、動作の良否をチェックしたりするためのモードです。このモードのときの出力も、アナログ出力およびディジタル出力のいずれもホールド値（ホールドに入る直前の測定値を保持）出力となります。
保守モードにおけるファンクション No. は、'1.' から 'D.' まであります（表 4.1 参照）。

ファンクションNo.'1.'：プロテクト解除（77を入力）

設定されているデータが不用意に変更されることがないよう設けられた機能です。データ表示部に "0" が表示されている場合にはプロテクトがかかっており、このモードにおけるファンクション No. を展開することはできません。プロテクトを解除するときは "77" と表示させてから "SET" キーを押してください。
再度プロテクトをかけるときは、"78" を表示させたうえで "SET" キーを押してください。正常な測定が行えなくなる可能性があるので、プロテクトを解除するとき、再度プロテクトをかけるときは上記の数字以外を表示させて "SET" キーを押さないでください。また再度プロテクトをかける操作は、解除後に何らかの操作（例えばファンクション No. を '2' に切り換える）を行ってからでないと有効となりません。

ファンクションNo.'2.'：周波数表示（密度）

本器の動作をチェックするための機能であり、密度測定入力に対応した周波数が表示されます。本器に異常がない場合には、通常、六、七百ヘルツから千数ヘルツの値となります。

(注) 表示される周波数は、密度検出入力や温度、検出器定数などによって異なります。もし、密度が 0.5 ～ 2.0 g/cm^3、温度 25℃、検出器定数 (A) 17074、検出器定数 (B) 36834 とすれば、本器に異常がない場合に表示される周波数値は、おおよそ 640 ～ 1400 Hz となります。

ファンクションNo.'3.'：周波数表示（温度）

本器の動作をチェックするための機能であり、検出された温度の電圧信号が周波数信号に変換されたうえで表示されます。もし、温度が 25℃であるとすれば、本器に異常がない場合に表示される周波数は、通常、二万数千ヘルツから三万数千ヘルツの値となります。

ファンクションNo.'4.'：出力信号チェック

アナログ出力信号のゼロ点、スパンなどをチェックするための機能であり、サービスに使用します。

(注) 出荷時のデータは、変換器内のデータシートに記入してあります。

ファンクションNo.'5.'：LEDチェック（SETキーを押す）

表示部 LED の良否をチェックするため機能であり、"SET" キーを押したとき、正常であれば全ての表示が 5 回点滅します。

ファンクションNo.'6.'：出力レンジ下限設定

運転条件を整えるための機能であり、アナログ出力レンジの下限密度値（g/cm^3）を設定します。

(注) 上限値 - 下限値の値が 0.05 g/cm^3 以上になるように設定してください。上限値 - 下限値の値が 0.05g/cm^3 未満の値となるような設定値は入力できないようになっています。

ファンクションNo.'7.'：出力レンジ上限設定

運転条件を整えるための機能であり、アナログ出力レンジの上限密度値（g/cm^3）を設定します。

（注）上限値 - 下限値の値が 0.05 g/cm^3 以上になるように設定してください。上限値 - 下限値の値が 0.05g/cm^3 未満の値となるような設定値は入力できないようになっています。

ファンクションNo.'8.'：測定溶液の基準温度設定

運転条件を整えるための機能であり、測定溶液の基準温度（℃）を設定します。

ファンクションNo.'9.'：測定溶液の温度係数設定

運転条件を整えるための機能であり、測定溶液の温度係数（g/cm^3/℃）を正の整数に直して（-1×10^5 倍＝ -100000 倍）設定します。

（注）約 4℃で最大密度を示す水（純水）の例外はありますが、液体の温度係数は負数です。

ファンクションNo.'A.'：検出器定数A設定

運転条件を整えるための機能であり、検出器定数 A を設定します。検出器定数 A は個々の検出器によって異なりますので、この値は機器に明示してあります。

（注）検出器定数 A は、校正を行うごとに変化していきます。

ファンクションNo.'B.'：検出器定数B設定

運転条件を整えるための機能であり、検出器定数 B を設定します。
検出器定数 B は個々の検出器によって異なりますので、この値は機器に明示してあります。

ファンクションNo.'C.'：検出器校正係数C（スパン）表示

一点校正が行われてあるのか二点校正が行われてあるのかを判別するための機能であり、一点校正の場合は 1 が、二点校正の場合は 1 以外の校正係数（スパン）が表示されます。

ファンクションNo.'D.'：検出器校正係数D（ゼロ）表示

一点校正が行われてあるのか二点校正が行われてあるのかを判別するための機能であり、一点校正の場合は 0 が、二点校正の場合は 0 以外の校正係数（ゼロ点）が表示されます。

4.3 運転準備

4.3.1 配管施工状態の点検

念のため、次の点を中心に点検してください。

- サンプル取出し口とサンプル戻し口とにおいて、100 kPa 以上の圧力差が得られるか？
- 配管の径は適切か？また、サンプル取出し口側配管の長さは長すぎないか？

  （注）配管材質には、通常、呼び径 15A、Sch40 〜 80 のステンレス鋼鋼管などを使用します。なお、サンプル取出し口から検出器までの配管長さは 10 m 以下にすることが望まれます。
- サンプリング配管部には、良好な運転を行うため、また、保守・点検を行うために必要なバルブや計器（圧力計、温度計）が装備されているか？
- 校正液を使用して本器を校正する場合においては、検出器洗浄用の空気 *1 が容易に入手できる状態にあるか？

  *1： 検出器洗浄用には、0.3 〜 0.5 MPa G の圧力を持つ乾燥空気が必要です。
- スチーム配管が施されている場合、運転時には密度検出器への加温を停止することができるか？

4.3.2　配線施工状態の点検

記録計などの受信用計器を含めた測定システム系全体の配線が、全て完了しているとともに正しい状態になっていることを確認してください。
なお、防爆システムにおいては、点検のために取りはずした密度検出器の端子箱カバーは、元どおり完全に取付けておいてください。

4.3.3　測定溶液の流通

ここでは、3.1.2 項における図 3.5 のように配管されていると仮定して、測定溶液の流通方法を説明します。測定溶液の流通は、配管内に空気を残さぬように留意してください。もし、図 3.5 と異なる配管が施されている場合は、それに応じた操作を行ってください。
なお、標準液を使用して校正を行う場合は、振動子内の洗浄作業を省くため、校正作業が終了してから測定溶液を流通させてください。ただし、圧力補正（4.3.6 項参照）を行う場合には、まず、測定溶液を流通させて補正値を求めておきます。

(1)　まず、サンプリング装置内の各バルブを次のようにセットしてください。
　　ボールバルブ "BV1"：　全閉
　　ニードルバルブ "NV1"：　全閉
　　ニードルバルブ "NV2"：　全閉
　　ニードルバルブ "NV3"：　全閉
　　ニードルバルブ "NV4"：　全閉
　　「ストップ」バルブ "V1"*：全閉
　　「ストップ」バルブ "V2"*：全閉
　(注) * 印のある「ストップ」バルブ V1、V2 は、スチームトレース付きサンプリング装置にだけ取り付くものです。

(2)　サンプル導管にスチームトレース管が施されている場合には、スチームの元バルブを開けてサンプル導管を加温してください。
なお、密度検出器を加温するための「ストップ」バルブ "V1" は、密度検出器が著しく冷えていない限り全閉したままの状態にしておいてください。

(3)　サンプル導管のサンプル取り出し口側配管に設けたドレン口に、測定溶液を受ける容器を準備しておきます。そして、「ドレン」バルブを全開してから、「タップ」バルブを徐々に開けてください。
ドレン口から測定溶液が流れ出てきましたら、「タップ」バルブを閉じます。

(4)　(3) 項と同様の操作を、サンプル戻し口側配管においても行います。ドレン口に測定溶液を受ける容器を準備しておき、「ドレン」バルブを全開してから、「ストップ」バルブを徐々に開けてください。
ドレン口から測定溶液が流れ出てきましたら、「ストップ」バルブを閉じます。

(5)　サンプリング装置内のボールバルブ "BV1" とニードルバルブ "NV4" を全開に、ニードルバルブ "NV1" を半開にしてください。また、(3) 項で開けた「ドレン」バルブを閉めてください。そして、このサンプル取り出し口側配管にある「タップ」バルブをゆっくると開きます。測定溶液がサンプル戻し口側配管のドレン口から流れ出してきますので、測定溶液に空気が混じらなくなりましたらこの配管の「ストップ」バルブを全開するとともに、「ドレン」バルブを全閉しておいてください。

(6)　配管内に残存する空気を抜くため、ニードルバルブ "NV2" を開き、このバルブの先端にあるドレン口から測定溶液を流出させてください。その後、バルブは閉じておきます。

(7)　ニードルバルブ "NV1" の開度を調整して、密度検出器を流れる測定溶液の流量を調整してください。通常は 5 L/min 程度の流量に調整します。

なお、当社製の VD6SM サンプリング装置にある流量計 "FM" の場合、指示値は測定溶液の粘度による影響を受け、粘度が高いほど実際の流量より高い指示値を示します（図 4.4 参照）。

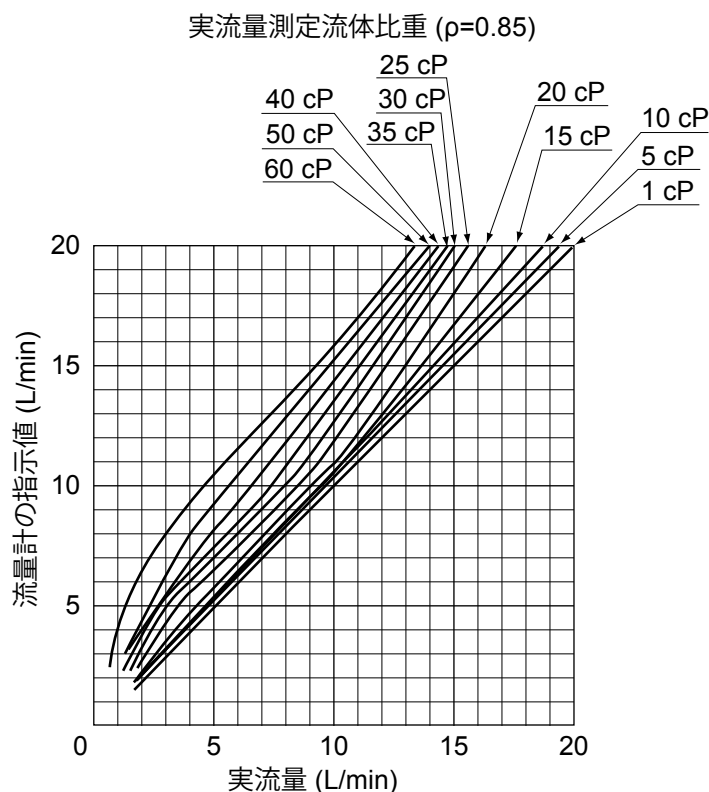



図4.4　測定液の粘度に対する流量特性

(8)　サンプリング装置内の温度計 "T" および圧力計 "P" が、使用条件を超えるなどの異常値を示していないことを確認してください。

(9)　配管接続部などから測定溶液が漏れていないことを目視点検してください。

4.3.4　電源の投入

密度変換器およびこの密度変換器の出力信号を受ける受信用機器（記録計やコンピュータなど）へ、仕様に適合する電圧と周波数を持った電源を供給してください。受信用機器は、出力データを読み取れる状態にしておきます。なお、制御信号を出力する受信用機器の場合には、制御系が異常動作をしないよう処置してください。

4.3.5　データの入力

密度変換器のモード切り換えスイッチを "MAINT"（保守モード）にして、ファンクション No.'6.'、'7.'、'8.'、'9.'、'A.' および 'B.' にデータを入力します。入力するデータの詳細につきましては、4.2 項を参照してください。また、データの入力は "SHIFT ▶ " キー、"INCR ▲ " キーおよび "SET" キーを用いていますが、これらのキー操作につきましては、4.1.2 項を参照してください。
なお、ファンクション No.'9.' に入力する測定溶液の温度係数が不明な場合には、「4.4.2 実液（測定溶液）を用いる場合の校正」の (2) 項に準じて調べてください。

4.3.6　　圧力補正値の測定

圧力補正とは、本器を校正する際に、定常運転時の圧力で測定した場合に生じるシフト分を補正することであり、標準液を用いて大気圧下で校正する場合にだけ、必要に応じて行います。
本器の測定値が受ける圧力の変動による影響分は、仮に 100 kPa の圧力変動があったとしても± 0.00005 g/cm^3 程度の値です。したがって、低い圧力の溶液を測定する場合は、大気圧で校正した値をそのまま採用しても特に問題とはなりません。
圧力補正は、高めの圧力を持つ溶液を測定する場合において、この影響分をできるだけ少なくしたいときに行ってください。
補正値は、実際に測定溶液を流通させて求めます。作業は、測定溶液の密度が安定しているときを見計らい、次の要領で行ってください。なお、説明は、4.3.3 項にしたがって既に測定溶液を流通させているものとして進めます。

(1)　ニードルバルブ "NV4" を全開し、このときの圧力を圧力計 "P" から読み取ってください。また、密度変換器が示す基準温度における密度値を調べておいてください。
(2)　ボールバルブ "BV1" を全開してからニードルバルブ "NV3" を開き、密度検出器内測定溶液の圧力を大気圧としてください。そして、密度変換器が示す基準温度における密度値を調べます。
(3)　(1) 項および (2) 項で調べた密度値に基づいて、補正値を計算してください。
　　補正値（g/cm^3）＝高圧力時の密度値ー大気圧時の密度値
　校正の際は、標準液の密度値からここで求めた補正値を差し引くことになります。

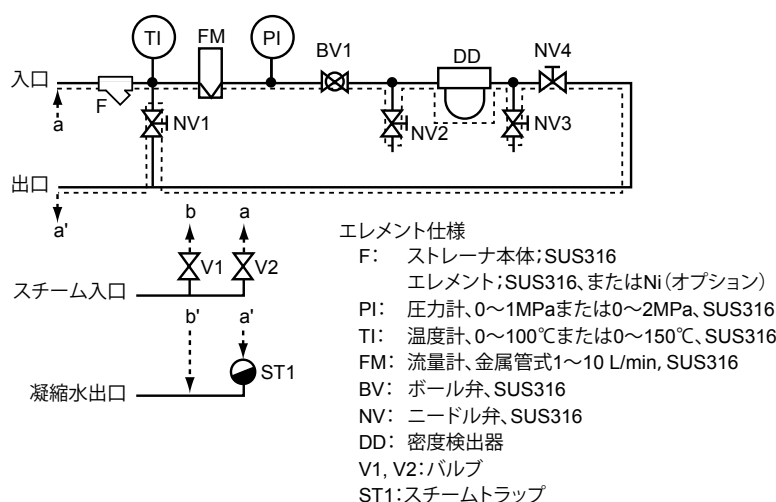



図4.5　　フロー図（参考）

4.4 校　正

振動式密度計は、所定の測定制度が得られるよう、一定の期間ごとに校正を行う必要があります。
校正には一点校正と二点校正とがあり、それぞれ実液（測定溶液）を用いて行う方法と、密度の明確な標準液を用いて行う方法とがあります。実液を用いる校正は、運転を停止する必要がないこと、圧力補正を行う必要がないこと、実際に測定する溶液を用いるので正確な校正が期待できること、などに特長があります。
また、標準液による校正は、一度その標準液の密度を設定しておけば、同じ標準液を使用する限り、校正のたびに分析室での密度測定を行う必要がないといった特長があります。
一点校正は、二点校正における 2 点目の校正を省略しただけであり、特に操作が異なるといったこともありませんので、ここでは二点校正に絞り、標準液を用いる場合と実液を用いる場合に分けて説明を進めます。また、説明は、密度変換器が密度検出器のすぐ近くの現場に設置されていると想定して進めますので、両者が遠く離れている場合には、作業手順書を作成し、それにしたがって実作業を行うようにしてください。

4.4.1 標準液を用いる場合の校正

校正に際しては、基準温度における密度が正確 *1 にわかっている 2 種類の標準液を準備します。一方は測定範囲の下限に近い密度のもの（ここでは標準液 1 と呼ぶことにします）、もう一方は測定範囲の上限に近い密度のもの（ここでは標準液 2 と呼ぶことにします）としてください。なお、これら標準液の温度係数（g/cm^3/℃）も調べておいてください。
*1： 標準液の密度測定は、最小目盛 0.0005 g/cm^3 の密度浮標などを用いて行ってください。

校正作業は、次の要領で行います。なお、校正作業中は、密度検出器と密度変換器だけを駆動させ、密度変換器から出力信号を受信する機器の動作は停止させておいて構いません。

(1) 密度変換器の動作モードを "CAL" にして、ファンクション No.'3'、'4'、'5' および '7'、'8'、'9' に該当するデータを入力してください。なお、圧力補正を行う場合、ファンクション No. の '3' および '7' には、標準液の密度値から 4.3.6 項で求めた補正値を差し引いた値を設定します。
(注) 補正値が負数の場合は、標準液の密度値より設定値の方が大きな値になります。
(2) 密度検出器の振動子内部をエアパージします。サンプリング装置内にあるボールバルブ "BV1" およびニードルバルブ "NV4" を全閉してください。また、ニードルバルブ "NV2" および "NV3" を全開してください。そして、ニードルバルブ "NV3" 側のドレン口に洗浄用空気配管を接続し、1 ～ 2 分間、空気を供給します。空気圧は、0.2 ～ 0.3 MPa*1 としてください。
*1： 振動子の内部に液がある場合、0.05 MPa G 程度の空気圧でまず液を排出し、その後に 0.2 ～ 0.3 MPa まで圧力を上げて振動子内部を乾燥させます。
(3) 気泡が混入しないように注意して、密度検出器の振動子内部に標準液 1 を 18 ～ 20 mL 程度注入します。
まず、密度検出器の上部にある標準液注入口（2 か所）から栓を取り外してください。そして、付属品として添付しました注射器に標準液を採取し、その標準液の注入口の内壁に這わせるようにして注入していきます。標準液はどちらの注入口から注入しても特に問題はありませんが、一応は、サンプル入口側から注入することを原則としてください。なお、注射器内面に汚れが認められるときは、アルコールなどの溶剤を用いて汚れを落としたうえで標準液を採取してください。
(4) 表示されている、基準温度における密度測定値を読み取ってください。基準温度に換算されて密度測定値は、モード切換えスイッチが "DSPL" になっており、表示部にファンクション No. が何も表示されていないときに示されます。

(5) 校正は、再度、標準液 1 を注入して行いますので、いったん、振動子内部の標準液を排出してください。排出は、標準液注入口（2 か所）を栓で塞ぎ、そのうえで (2) 項に準じて空気を流す要領で行います。
(6) (3) 項および (4) 項の操作を、順に従って行ってください。そして、前回の密度表示値と今回の密度表示値とがほぼ一致していることを確認しておいてください。
（注）もし、前回と今回との密度表示値が異なる場合は、(3) 項および (4) 項の操作を繰り返し行います。
(7) 1 点目の校正演算動作を指令します。ファンクション No.'6' を表示させ、"SET" キーを押してください。演算動作中はデータ表示部の 'CAL-1' 表示が点滅し、演算動作が終了した時点（注記の (a)）からの表示は基準温度における密度値となります。この値が、標準液 1 の正しい密度（注記の (b)）となっていることを確認してください。

注記

(a) 校正演算時間は、校正前と校正後との密度値の差によって異なり、差が大きいほど時間も長くなります。最長で約 7 分かかります。
(b) 同じ温度で比較しても、校正後の密度測定値は、標準液 1 の真の密度値に必ずしも一致するとは限りません。特に、校正時の液温が基準温度から大きく離れている場合は、誤差となって現れやすくなります。しかしながら、それは一般的には許容できる範囲のものであり、もし、値が大きくずれていましたら、各設定値が正確なデータに基づいていることを調べなおす必要があります。

(8) (7) 項までの操作で 1 点目の校正は終了です。引き続き、標準液 2 を使用して 2 点目の校正を行いますが、操作は 1 点目の校正と同じです。(1) 項から (7) 項までの操作に準じて行ってください。ただし、校正演算動作の指令は、ファンクション No. を 'A' にして行います（'CAL-2' の表示は 7 回点滅します）。
なお、2 点目の校正が終了しましたら、標準液を排出し、標準液注入口には栓を取付けてください。また、ニードルバルブ "NV2" および '"NV3" を全閉するとともに、接続した空気配管を取りはずしてください。

以上で、校正に付随した作業は全て終了となります。

4.4.2 実液（測定溶液）を用いる場合の校正

実液を用いて校正する場合は、次の要領で行ってください。
(1) 標準浮標などで正確な測定を行いための測定溶液を必要量採取します。採取は、測定溶液の密度値が安定しているときを選んで行ってください。このサンプルは、1 点目の校正に使用します。

注記

サンプル採取から 1 点目の校正終了までの間、装置内測定溶液の密度に変化のないことが必要です。

(2) 採取したサンプルの密度を正確に測定 *1 してください。そのときの液温も測定します。また、温度係数が不明なときは温度係数も調べます。温度係数は、高温（基準温度＋約 5℃）時の密度と低温（基準温度 - 約 5℃）の密度を測定し、次の式から求めてください。
温度係数（g/cm³/℃）＝高温時の密度－低温時の密度 / 高温時と低温時の温度差
*1： 密度値は、できるだけ基準温度で測定してください。
(3) 密度変換器の切換えスイッチを "CAL" にして動作モードを校正モードにし、ファンクション No.'3'、'4' および '5' に該当するデータを入力してください。
(4) 1 点目の校正演算動作を指令します。ファンクション No.'6' を表示させ、"SET" キーを押してください。演算動作中はデータ表示部の 'CAL-1' 表示が点滅し、演算動作が終了した時点からの表示は基準温度における密度値となります。この値が、(2) 項で測定した密度値とほぼ一致していることを確認してください。
(5) 次に、2 点目の校正を行います。サンプリング装置内を流通する測定溶液の密度値に変化を与えてください。そして、(1) 項から (4) 項までの操作に準じて 2 点目を校正します。なお、(3) 項に準じた操作では、ファンクション No.'7'、'8' および '9' にデータを入力してください。また、(4) 項に準じた操作では、ファンクション No.'A' を表示させ、校正演算動作を指令してください。

4.4.3 校正エラーが出た場合

校正演算動作が終了した時点でエラー表示（1 点目の校正においては 'E005'、2 点目の校正においては 'E006'）が出た場合には、まず、ファンクション No.'3'、'4'、'5' または '7'、'8'、'9' に入力されているデータを調べ、正しく入力されていないデータを修正してください。そして、もう一度校正をやり直します。

4.5 定常運転

4.5.1 運転の要領

密度測定システム全体を作動させてください。そして、しばらくの間運転状況を観察し、不都合な点のないことを確認します。
通常、運転時に密度測定システムを操作する必要はありませんが、良好な運転状態を維持するため、測定溶液の流量や圧力を日常的に点検して、異常がないことを確認してください。また、サンプリング装置にスチームトレース管を付設している場合は、密度検出器を加温しないようにしてください。
なお、エラー表示が出たときは、速やかな処置を行ってください。表 4.2 に、エラー一覧を示しておきます。

表4.2　エラー一覧

表示	内　容	エラー解除および対策
E001	検出器密度信号の異常	異常の原因が除去されたとき
E002	検出器温度信号の異常	異常の原因が除去されたとき
E003	変換器の異常	
E004	温度測定範囲を超えている	
E005	1 点目の校正異常	校正液の密度設定をやり直して、再度校正をする
E006	2 点目の校正異常	
E007	EEPROM の書き込み内容異常	設定定数をチェックして入れ直す

注記

保守モードまたは校正モードにしてファンクション No. 選択キーを押せば、一時的にエラー表示を消すことができますが、測定モードに戻せば再度エラーが表示されます。なお、これらのエラーは、測定モードでのみ検出されます。
E005、E006 は校正モードのときにだけ発生するエラーです。これらのエラーは "SET" キーを押すことで消えます。なお、その後に表示される密度値は、前回の校正データによる基準温度換算値です。

4.5.2　密度測定値のチェック

校正や掃除の実施周期を把握するため、運転当初は、数週間ごとに次の要領で密度測定値のチェックを行うことをおすすめします。

(1) 標準浮標などで正確に密度を測定するため、測定溶液を採取します。採取に際しましては、圧力および温度が通常時の状態と大きく異なっていないことを確認してください。また、採取時点における振動式密度計の密度表示（基準温度換算値）を読み取っておいてください。
(2) (1) 項で採取したサンプルの温度を基準温度にして、密度を正確に測定してください。
(3) (2) 項で測定した密度値と、採取時に振動式密度計が示していた密度値とを比較してください。
もし、両者の差が許容誤差範囲を超えるまでに開いておりましたら、密度内振動子の掃除を行います。掃除の要領に付きましては、5.1.1 項を参照してください。

4.5.3　運転を停止する場合の処置

測定溶液の流通を停止して、振動式密度計を休止の状態に置く場合には、原則として、密度検出器内から測定溶液を排出しておくようにしてください。

5. 保　　守

5.1 日常の点検・保守

5.1.1 密度検出器内振動子の掃除

測定溶液の性状によっては振動子の内面に汚れが付着し、密度測定値に誤差を与えることがあります。もし、このような溶液を測定している場合は、誤差が許容範囲を超えない周期で掃除するようにしてください。

掃除は次の要領で行います。

(1) サンプリング装置内のボールバルブ BV1 とニードルバルブ NV4 を閉じ、ニードルバルブ NV2、NV3 を開いてください。

(2) ニードルバルブ NV2 側のドレン口へ空気配管を接続します。そして、0.05 MPa G 程度の空気圧を加えてニードルバルブ NV3 側のドレン口から振動子内の測定溶液を排出してください。

(3) 検出器の標準液注入口（2 か所）から栓を取りはずし、振動子内へ洗浄液を 200 mL 程度注入してください。

(4) 洗浄液を注入してからしばらく時間をおいた後、いったん、標準液注入口（2 か所）へ栓を取付けて (2) 項の要領で振動子内の洗浄液を排出します。その後、付属のブラシを使用して振動子部分パイプ内面全体の汚れを落としてください。

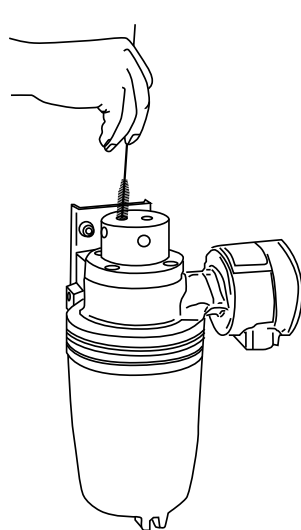
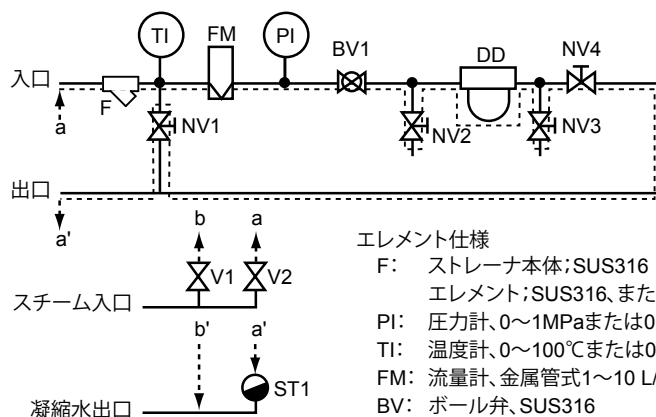



図5.1　振動子内の掃除　　**図5.2　フロー図（参考）**

(5) 標準液注入口（2 か所）の栓を取りはずし、再度、振動子内へ洗浄液を 200 mL 程度注入してください。そして、しばらく時間をおいた後栓を取付け、0.05 MPa G 程度の空気圧を加えて洗浄液を排出します。ほぼ洗浄液が排出されましたら圧力を 0.2 ～ 0.3 MPa G 程度に上げてさらに 2、3 分間空気を流し、振動子内を乾燥させてください。

以上で掃除は終了です。

5.1.2 密度検出器内乾燥剤の交換

密度検出器内には発振用増幅器があり、この電気回路を湿気から守るため乾燥剤が使用されています。年に 1、2 度検出器カバー内の点検を行い、もし、湿気が認められたら乾燥剤を交換してください。交換用乾燥剤は、2 個付属品として添付されています。なお、防爆形密度検出器をご使用の場合には、ガス検知器などを用いて周囲に爆発性ガスのないことを調べてから、点検作業を行ってください。

5.2 故障対策

振動式密度計の修理においては、熟練を必要とする場合がかなりあります。また、機能部品を交換した場合には、調整も必要となることがあります。本器に故障が生じた場合には、原則として、当社に修理を申し付けてください。
この場合、異常現象や異状箇所をできるだけ詳細に連絡していただければ、修理期間の短縮に役立てることができます。
ここでは、密度検出器に生じた異常か所の探索方法を説明いたします。なお、防爆形密度検出器をご使用の場合には、ガス検知器などを用い、周囲に爆発性ガスのないことを調べてから探索作業を行ってください。

5.2.1 振動子の異状点検

検出器カバーをはずし、振動子を目視できる状態にします。
2 本のパイプ状振動子の表面全体を、入念に目視点検してください。滑らかさが維持されていれば正常です。凹みや傷、また、穴が開いて測定溶液が滲み出した形跡のある場合は、振動子アセンブリの交換が必要です。
なお、固定用ねじ（移送用）が振動子アセンブリに接触していないことを確かめてください。

注意

振動子の肉厚は極めて薄く、十分に注意して取り扱いませんと損傷を与えることがあります。また、組立作業には熟練を要します。組み立て後に調整も必要です。原則として、修理・交換は当社工場で行いますので、ご連絡ください。

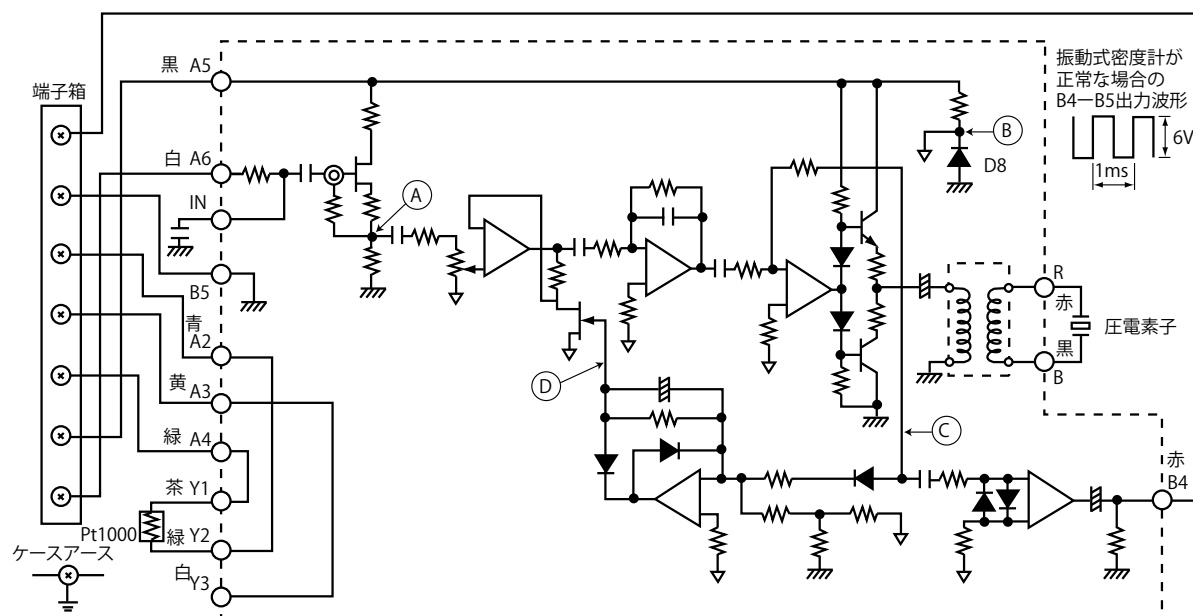
5.2.2 測温体の異状点検

密度検出器の端子 A2、A3 間の抵抗値を測定してください。測温体に異常がない場合の抵抗値は、表 5.1 のとおりです。

表 5.1　測温体（Pt 1000 Ω）の各温度における抵抗値

温度（℃）	10	15	20	25	30	35	40	45	50
抵抗値（Ω）	1039.0	1058.5	1077.9	1097.3	1116.7	1136.1	1155.4	1174.7	1194.0

5.2.3 発振用増幅器の異状点検

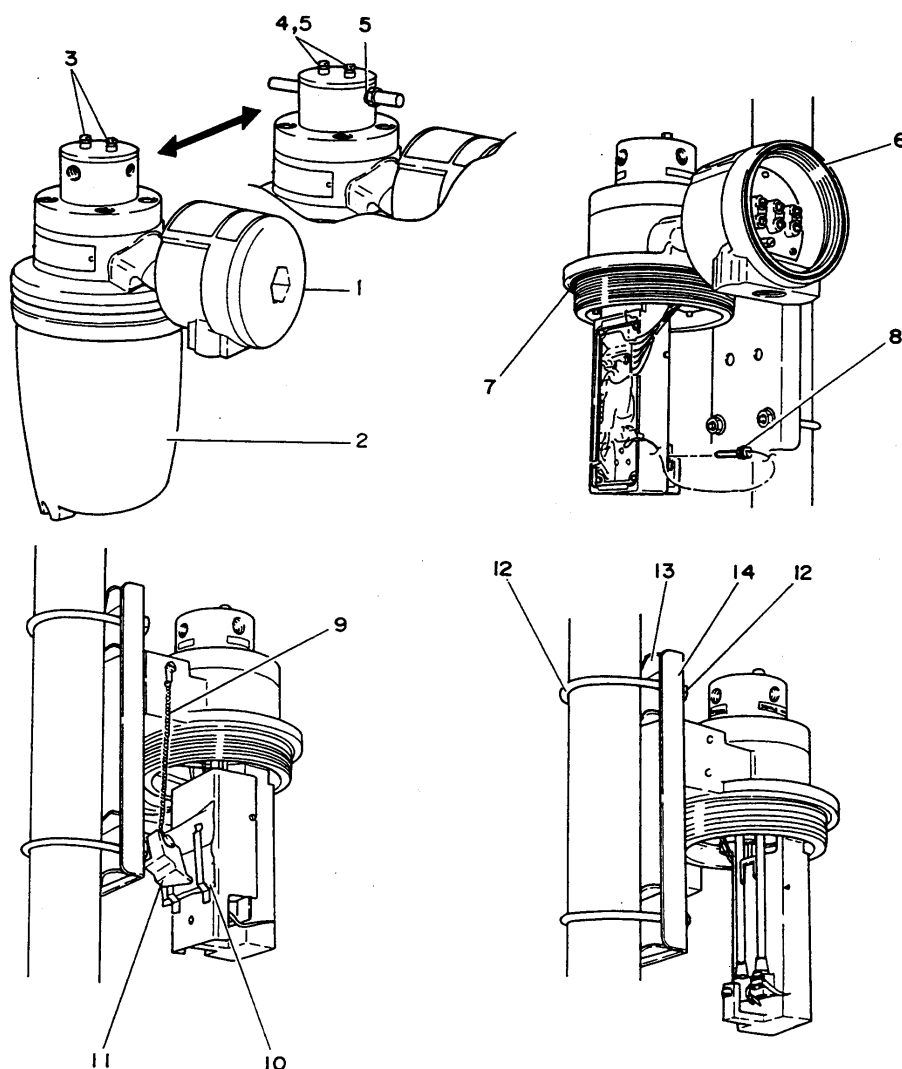
まず、静電容量ピックアップ電極部を目視点検してください。ピックアップ電極は、振動子と一定の隙を形成して取り付いている必要があり、水滴などが付着して両者があたかも接触したような状態になっていますと、正しい動作をしません。このような事実が認められる場合には、振動子に損傷を与えないようにして、付着物を除去してください。
電気回路上の点検は、直流電圧計などの測定器を用いて行います。測定器の種類や点検か所は、図 5.3 を参照してください。

点検か所	接続機器	測定条件	正常値	異常値を示す場合の処置
(1)　A5ーB5	直流電圧計(2)の測定においては、測定器の入力インピーダンス10 MΩ以上		12 V±10 %	変換器のINPUTアセンブリを調べる
(2)　A6ーB5			200 V±10 %	
(3)　Ⓑ−B5			5.8〜6.4 V	D8を変換
(4)　INー	テスタ		∞(×10 kΩレンジ)	ピックアップ電極を調べる
(5)　B4ーB5	オシロスコープ	プリント板のIN、R、B位置に接続してあるリード線をはずし、INーB5間に発振器(0-2000 Hz、出力5 V)を継ぎ、100 m Vrmsを入力する	6〜8 V p-p	不良回路部品を探し、良品と交換する
(6)　RーB5			150〜200 V p-p	
(7)　Ⓐ−B5			200 mV p-p	
(8)　Ⓒ−B5			4〜6 V p-p	
(9)　Ⓓ−B5	直流電圧計	／ 100 m Vrms入力を下げる	−3〜0 V	

F0502.ai

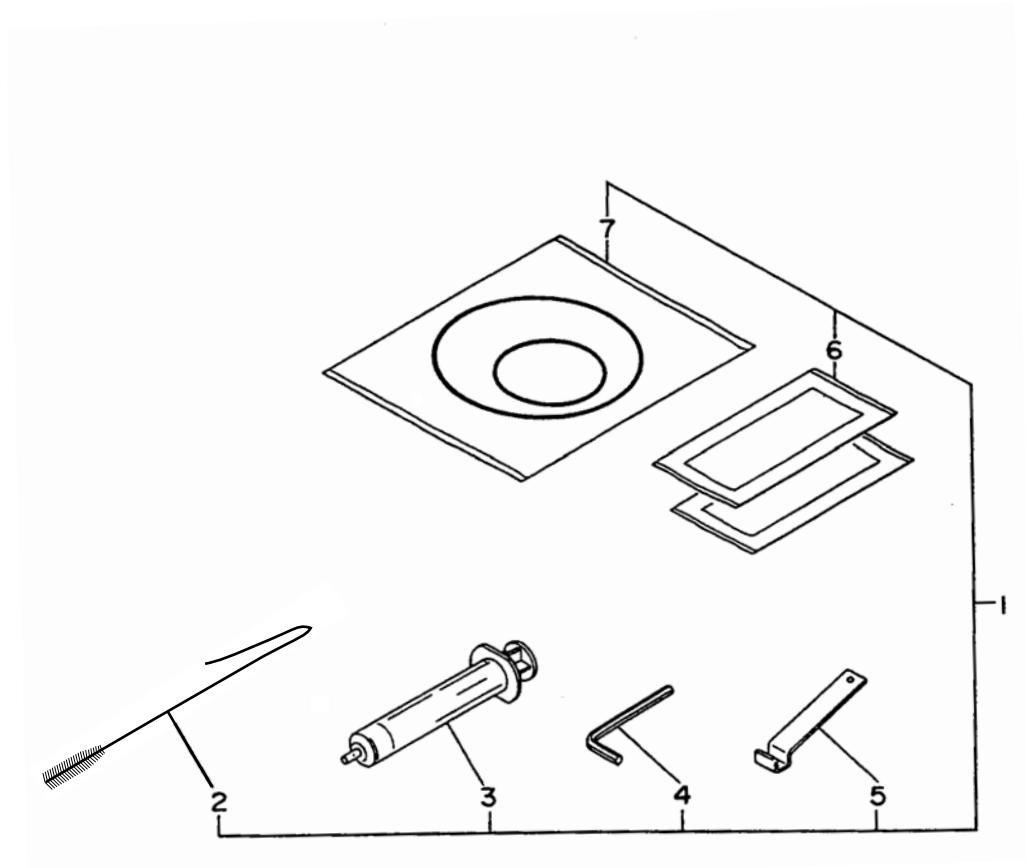
（注）修理に関しましては、当社サービスにご用命ください。

図5.3　　密度検出器発振用増幅器の点検か所

Customer Maintenance Parts List

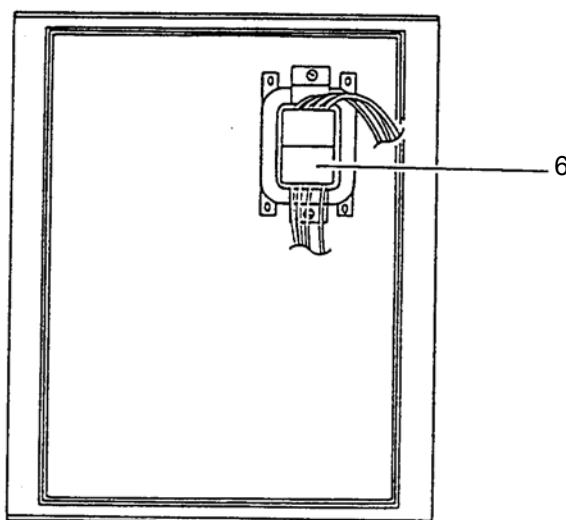
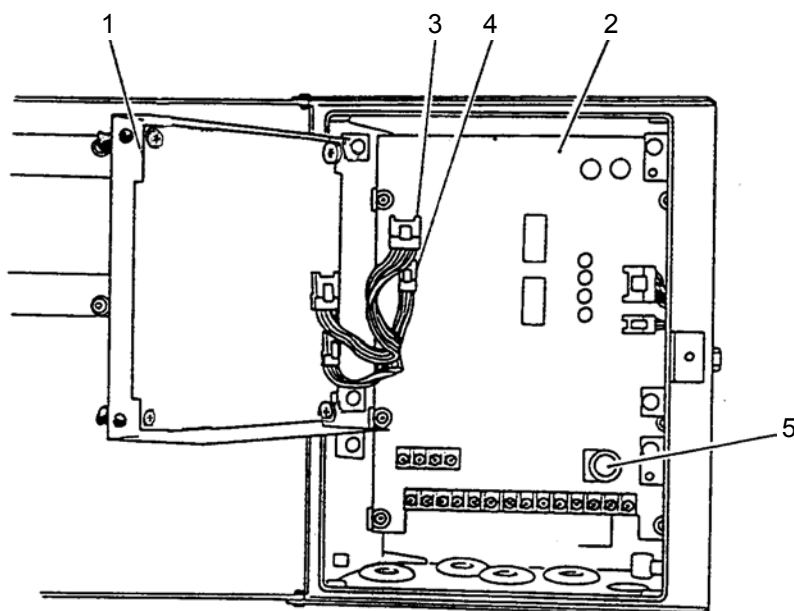
Model VD6D, VD6DF, VD6DS Liquid Density Detector

Item	Part No.	Qty	Description
1	—	1	Terminal Box Cover
2	K9000SK	1	Cover
3	K9000CC	2	Plug (for Models VD6D and VD6DF)
4	K9000DB	2	Plug (for Model VD6DS)
5	L9818JB	4	Gasket (for Model VD6DS)
6	G9303AR	1	O-Ring
7	G9303BA	1	O-Ring
8	G9303NE	2	O-Ring (for Model VD6DS)
9	K9000AK	1	Chain Assembly (for Model VD6DF)
10	K9324PC	1	Desiccant (2 packs)
11	K9000AC	1	Clamp
12	D0117XL-A	2	U-Bolt Assembly
13	L9826AG	2	Bracket
14	L9826AC	1	Bracket

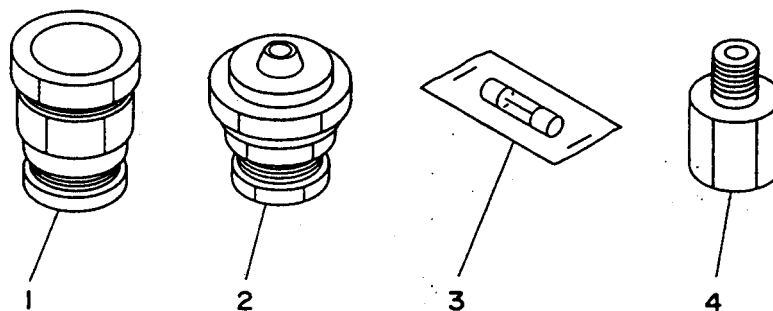
Yokogawa Electric Corporation

Accessories Assembly

Item	Part No.	Qty	Description
1	K9000PQ	1	Accessories Assembly
2	L9827AR	1	Brush
3	K9000NB	1	Injector
4	L9827AE	1	Allen wrench
5	E9135GZ	1	Spanner
6	K9324PC	1	Desiccant (2 packs)
7	K9003NG	1	O-Ring Set (used for item 6 and 7 in page 1)

Customer Maintenance Parts List

Model DM8C
Liquid Density Converter

[Style D]

Item	Part No.	Qty	Description
1	K9005CA	1	Digital Board Assembly
2	K9005AA	1	Main Board Assembly
3	K9000YR	1	Cable Assembly (red)
4	K9005YR	1	Cable Assembly (yellow)
5	K9141TV	1	Fuse (250 V, 3 A)
6	K9000ZE	1	Transformer Assembly

Accessories Assembly

Item	Part No.	Qty	Description
1	B1003JZ	1	Cable Gland
2	L9811FP	4	Cable Gland
3	K9141TV	1	Fuse (250 V, 3 A)
4	G9612BC	1	Connector Rc1/4 (for /AP1)
	G9612BE	1	Connector 1/4NPT (for /AP2)

取扱説明書　改訂情報

資料名称　：DM8　振動式密度計

資料番号　：IM 12T3A1-02

2015年02月／5版
CPU 変更による DM8C スタイル変更 C → D（P.1-3、1-4、1-5、2-3、4-2、4-5、4-6、4-12、CMPL 12T3H1-01E）
誤記（P.3-5）、追記（P.4-11）、ドキュメントフォーマット変更（全ページ）

2012年06月／4版
全面見直し、表記統一 InDesign 化
P.4-9　図 4.5 にフロー図を追加；P.5-1　図 5.2 にフロー図を追加、その後の図番変更；
CMPL 12T3H1-01E を 6 版に改版等

2009年04月／3版
P.1-4　標準付属品適用製品名追加；P.1-5　DM8C スタイル B → C；
CMPL 12T3E1-01 P.2 Item3 変更、CMPL 12T3H1-01E P.1 Item 1 変更

2005年11月／2版
全面見直し、電子化

1997年12月／初版
新規発行

■ お問い合わせについて
本製品の情報に関しては、下記ホームページでもご覧になれます。
当社のホームページ：http://www.yokogawa.co.jp/an